ISSN 00449733

bollettino della associazione italiana di cartografia

121-122
agosto-dicembre 2004

LE RISORSE IDRICHE PER LO SVILUPPO DEL TERRITORIO E LA TUTELA DELL'AMBIENTE

WATER RESOURCES FOR THE TERRITORIAL DEVELOPMENT AND THE AMBIENT PROTECTION

Franco Sami (*)

(*) Direttore Generale HERA Imola-Faenza.

Riassunto

La Società Operativa Territoriale (S.O.T.) HERA Imola-Faenza, originatasi dall'unione delle due Aziende Municipalizzate di Imola e Faenza (rispettivamente A.M.I. e A.M.F.), dal 2003 è entrata a fare parte di HERA S.p.a., l'holding nata dalla fusione di 13 Aziende Municipalizzate di quattro Province emiliano-romagnole (Bologna, Forlì-Cesena, Rimini e Ravenna), a cui si è aggiunta recentemente quella di Ferrara. HERA S.p.a. è così divenuta la prima multiutility nazionale che gestisce tutti i servizi a rete del territorio di competenza, dal ciclo idrico, all'ambiente, all'energia, fino ad arrivare ai cimiteri e alle telecomunicazioni, in un ambito territoriale che comprende Comuni delle Province di Bologna, Ferrara, Firenze, Forlì-Cesena, Ravenna e Rimini, oltre allo Stato di S. Marino.
In linea generale HERA S.p.A. distribuisce oltre 200.000.000 m³ di acqua, con una copertura del 98 % del territorio di pertinenza. Tutto ciò è reso possibile da un'estensione capillare delle reti e dalla presenza distribuita di centinaia di impianti di captazione, trattamento e distribuzione. Si tratta di un risultato di assoluto rilievo che, grazie anche alle maggiori capacità di investimento dovute alla holding, consentirà un'elevata efficienza nella gestione, a fronte di un adeguato presidio delle aree controllate.
All'interno della holding, la S.O.T. HERA Imola–Faenza gestisce un territorio il cui centro è individuato nella città di Imola, e che si estende verso Sud all'interno della catena appenninica fino ai Comuni toscani di Firenzuola, Marradi e Palazzuolo sul Senio, verso Nord in piena pianura Padana fino alla frazione di Campotto nel Comune di Argenta, e lungo la via Emilia dal Comune di Castel S. Pietro Terme fino alla città di Faenza. Tale area comprende ben 23 Comuni per un totale di abitanti residenti pari a 237.532 (dato al 31/12/2003).
Nel proprio territorio di competenza, HERA Imola-Faemza gestisce tutti i servizi connessi al Servizio Idrico Integrato, dal prelievo di acqua dall'ambiente per usi civili e produttivi, fino ai trattamenti adeguati sulle acque di scarico per la loro reimmissione nell'ambiente.
Le fonti idriche principali del sistema idrico di HERA ImolaFaenza sono:
- Sorgenti (nelle zone montane);
- Corsi d'acqua superficiali;
- Falde (in pianura).

Per ridurre l'eccessivo sfruttamento delle falde, per difendere i fiumi e i loro ambienti naturali, e per garantire acqua sia per usi civili che produttivi anche nei periodi più siccitosi, HERA ha realizzato bacini di accumulo di acqua grezza alimentati da corsi d'acqua superficiali.

Fonti (anno 2003)	Interne (m^3)	Esterne (m^3)
Sorgenti	1.219.598	
Corsi d'acqua	5.934.331	4.964.165
Falde	10.232.986	

Bacini di accumulo	Potenzialità (m^3)
Bubano	1.564.372
Rineggio	95.000
Rio Cestina	25.700

Dai bacini d'accumulo, da alcune prese dirette dai torrenti e dalle falde con problemi qualitativi, l'acqua grezza viene inviata agli impianti di potabilizzazione per la produzione di acque civili e/o industriali. Infatti nel suo territorio HERA Imola-Faenza dispone di 11 impianti di potabilizzazione per la produzione di acqua civile e un impianto di trattamento per la produzione di acqua ad usi industriali. Quest'ultimo impianto risulta essere di fondamentale importanza non soltanto per l'intera rete acquedottistica di HERA Imola-Faenza, ma anche per una gestione più rispettosa ed efficace nel rispetto dell'ambiente, in quanto permette di destinare le acque con buone qualità al solo utilizzo civile. A conferma di ciò, si fa notare che le acque delle sorgenti di buona parte dei pozzi, risultano già potabili in natura e pertanto vengono immesse nella rete di distribuzione senza che subiscano trattamenti.
Le condotte acquedottistiche HERA Imola-Faenza sono estese capillarmente su tutto il territorio e servono più del 98 % della popolazione . Come si nota nella tabella sottostante il loro stato di utilizzo è buono, a dimostrazione di una gestione corretta ed efficace.
Le reti sono tutte interconnesse fra loro, salvo quelle dei tre Comuni in Provincia di Firenze, ed anche con reti esterne (Romagna Acque, Consorzio Alta Valle Lamone, HERA Bologna e Ravenna).

Condotte acquedottistiche (anno 2003)	Lunghezza (km)
Civile	2.780
Industriale	115

Condotte acquedottistiche (anno 2003)	Immessa in rete (m^3)
Acqua civile	22.204.605
Acqua industriale	8.490.419
Acqua grezza industriale	104.941

Condotte acquedottistiche (anno 2003)	Perdite di rete (%)
Civile	20
Industriale	7

Per i prossimi anni HERA Imola-Faenza ha pianificato di costruire nuovi impianti di potabilizzazione, di potenziare e innovare gli esistenti e di incrementare le interconnessioni fra le reti. Tutto questo sarà necessario perché nell'area di pertinenza della S.O.T. si prevedono incrementi di popolazione e di impianti produttivo-industriali che provocheranno un incremento di domanda idrica.
HERA Imola-Faenza gestisce anche la seconda parte del Sistema Idrico Integrato: il sistema fognario e gli impianti di depurazione.
Il sistema fognario è composto per l'85 % da fognature miste. Negli ultimi anni HERA ha iniziato a separare le reti, dividendole in bianche e nere, al fine di migliorare e favorire i trattamenti negli impianti di depurazione e per tutelare maggiormente l'ambiente.

Condotte fognarie (anno 2003)	Lunghezza (km)
Miste	850
Nere	76
Bianche	65

Attualmente HERA Imola-Faenza gestisce circa 30 impianti di depurazione che, in base alle loro potenzialità, si possono dividere nelle seguenti categorie:

- Gradi dimensioni (>100.000 ab.eq): 4 impianti;
- Medie dimensioni (2.000-10.000 ab.eq.): 10 impianti;
- Piccole dimensioni (< 2.000 ab.eq.): circa 14 impianti.

Tutti i più importanti impianti sono a fanghi attivi; i più grandi risultano essere:
- Santerno (Comune di Imola): 4.213.000 m³ di acqua trattata nel 2003;
- Formellino (Comune di Faenza): 6.540.000 m³ di acqua trattata nel 2003.

Dopo i trattamenti subiti negli impianti di depurazione, l'acqua, raggiunti adeguati parametri qualitativi, viene riimmessa nell'ambiente.
Solamente per l'impianto Santerno, dopo il trattamenti di depurazione, l'acqua giunge in bacini di lagunaggio, dove risiede per circa 30 giorni. Durante questo periodo, l'acqua si depura ulteriormente attraverso processi naturali legati alle piante e alla sedimentazione.
Nei prossimi anni, HERA Imola-Faenza ha pianificato di potenziare e innovare gli impianti esistenti e di estendere le reti fognarie in tutto il territorio, realizzando condotte separate. Tutte queste operazioni saranno necessarie e indispensabili per garantire un'adeguata tutela dell'ambiente a fronte di un incremento di abitanti e attività produttive nel territorio.

Abstract

HERA Imola-Faenza is a territorial operative company of the holding HERA S.p.a. (Holding Energy Resources Ambient). It manages all service of public utility connected with water, wastewater, natural gas and electricity.
It operates in an area between Castel S. Pietro T. and Faenza, along the national route via Emilia, and from Medicina and Conselice, Bolognese and Ravennate municipalities on the Padana plain, to Firenzuola, Marradi and Palazzuolo sul Senio, Tuscan municipalities in the middle of Appennini mountains. This area comprehends 23 municipalities in which 237.532 residents live.

In the water field, HERA manages all the water system called Sistema Idrico Integrato (Integrated water system) that means all processes from water treatments, for obtaining drinkable water, to wastewater treatments, for letting water of good quality in natural ambients.
The principal sources of HERA's water system are:
- *Spings (in the mountains);*
- *Rivers;*
- *Wells (on the plain).*

Sources (year 2003)	Internal (m³)	*External (m³)*
Springs	*1.219.598*	
Rivers	*5.934.331*	*4.964.165*
Wells	*10.232.986*	

Storage lakes	*Potentiality (m³)*
Bubano	*1.564.372*
Rineggio	*95.000*
Rio Cestina	*25.700*

For reducing the excessive exploitation of stratums, for defending rivers and their natural ambients, and for warranting water for civil and industrial uses, especially in dry periods, in the last ten years HERA has built storage lakes feeded with rivers.
From these reservoirs and from some wells, raw waters are sent to water treatment plants for producing drinkable water or industrial water. Infact in its territory HERA Imola-Faenza has 7 plants for civil uses and 1 for indutrial uses. The last one is very important also for the nature, because it permits to destinate water with good quality essentialy for civil uses.
Infact in many cases, in particular for all the springs and for some wells, raw waters are already drinkable and so it is possible to sent these waters into civil pipelines without treatments.

Pipelines of HERA's aqueducts are extended in all the territory and serve more than 98 % of residents. Their status, as it is possible to note below, is good.
HERA's pipelines are all interconnected (Tuscan municipalities's ones excepted) also with external aqueducts (Romagna Acque, Consorzio Alta Valle Lamone, HERA Bologna e Ravenna).

Pipelines (year 2003)	*Length (km)*
Civil	*2.780*
Industrial	*115*

Pipelines (year 2003)	*Letting in (m^3)*
Water for civil uses	*22.204.605*
Water for industrial uses	*8.490.419*
Raw water for industrial uses	*104.941*

Pipelines (year 2003)	*Leaks (%)*
Civil	*20*
Industrial	*7*

For the next years, HERA Imola-Faenza has planned to build new water treatment plants, to potentiate and innovate the existent ones, and to increase interconnections between all pipelines. All this it is necesary because in the area where HERA Imola_faenza works, there is and there will be a development of population and industries that will provoke an increase of water demand.
HERA Imola-Faenza manages also the second part of integrated water system: sewer systems and wastewater treatment plants.
The sewer systems are composed of combined sewers for the 85 %. In the last years HERA has begun to separate pipes. The separate sewer systems are more efficient that combined ones because prevent overflows and treatment plants do not have accommodate storm runoff along with wastewater.

Sewer systems (year 2003)	*Length (km)*
Combined	*850*
Separated for wastewaters	*76*
Separated for rain water	*65*

So the sewage and runoff generally flow into a series of progressively larger pipes until they reach the wastewater treatment plants. The system relies almost entirely on gravity to keep the waste moving, although pumps help where the topography is difficult.
Actually HERA Imola-Faenza manages about 30 wastewater treatment plants that it is possible to divide in 3 categories:
– Big dimension: (>100.000 eq.inha.): 4 plants
– Middle dimension (2.000-10.000 eq.inha.): 10 plants
– Small dimension (< 2.000 eq.inha.): about 14 plants
All the most important plants are actived sludge treatment plants; the biggest are:
– Santerno (municipality of Imola): 4.213.000 m^3 of wastewater treated in the year 2003;
– Formellino (municipality of Faenza): 6.540.000 m^3 of wastewater treated in the year 2003.
After the treatment, the water is ready to be let in the ambient.
Only for the Santerno plant, after the treatment, the water flows into a storage lakes where it resides for 30 days. During this time, the water is puryfied by natural processes that better the quality of the water before letting in the ambient.
For the next years, HERA Imola-Faenza has planned to potentiate and innovate the existent plants, to extend sewers everywhere and to increase the separate pipelines.

Inquadramento societario e geografico

La Società Operativa Territoriale (S.O.T.) HERA Imola-Faenza, originatasi dall'unione delle due Aziende Municipalizzate di Imola e Faenza (rispettivamente A.M.I. e A.M.F.), dal 2003 è entrata a fare parte di HERA S.p.A., l'holding nata dalla fusione di 13 Aziende Municipalizzate di quattro Province emiliano-romagnole (Bologna, Forlì-Cesena, Rimini e Ravenna), a cui si è aggiunta recentemente quella di Ferrara. HERA S.p.A. è così divenuta la prima multiutility nazionale che gestisce tutti i servizi a rete del territorio di competenza, dal ciclo idrico, all'ambiente, all'energia, fino ad arrivare ai cimiteri e alle telecomunicazioni, in un ambito territoriale che comprende Comuni delle Province di Bologna, Ferrara, Firenze, Forlì-Cesena, Ravenna e Rimini, oltre allo Stato di S. Marino.

In linea generale HERA S.p.A. distribuisce oltre 200.000.000 m³ di acqua, con una copertura del 98 % del territorio di pertinenza. Tutto ciò è reso possibile da un'estensione capillare delle reti e dalla presenza distribuita di centinaia di impianti di captazione, trattamento e distribuzione. Si tratta di un risultato di assoluto rilievo che, grazie anche alle maggiori capacità di investimento dovute alla holding, consentirà un'elevata efficienza nella gestione, a fronte di un adeguato presidio delle aree controllate.

All'interno della holding, la S.O.T. HERA Imola–Faenza gestisce un territorio il cui centro è individuato nella città

di Imola, e che si estende verso Sud all'interno della catena appenninica fino ai Comuni toscani di Firenzuola, Marradi e Palazzuolo sul Senio, verso Nord in piena pianura Padana fino alla frazione di Campotto nel Comune di Argenta, e lungo la via Emilia dal Comune di Castel S. Pietro Terme fino alla città di Faenza. Tale area comprende ben 23 Comuni per un totale di abitanti residenti pari a 237.532 (dato al 31/12/2003).

La nuova organizzazione per la gestione delle risorse idriche

L'attuale modalità di gestione delle risorse idriche si basa sulla legge n° 36 del 1994 (legge Galli), emanata con l'obiettivo di riorganizzare i servizi idrici, assegnando alle Regioni e agli Enti Locali la responsabilità di questa azione. Gli elementi significativi presenti nella legge sono:

– il principio di solidarietà che dev'essere alla base dell'utilizzo delle risorse, salvaguardando anche i diritti delle generazioni future;

- l'equilibrio tra risorse disponibili e fabbisogno con particolare attenzione ai bilanci idrici;
- l'attribuzione di un valore economico all'acqua, risorsa rinnovabile, ma a rischio qualitativo elevato;
- la pianificazione dell'utilizzo della risorsa idrica.

Punto di partenza e presupposto della riforma è stato il superamento della precedente estrema frammentazione dei servizi idrici che, impedendo ogni processo tendente all'industrializzazione delle gestioni, rappresentava la causa principale delle diseconomie e delle disfunzioni del settore, provocando sia disomogeneità ed insufficienze dei servizi, anche in presenza di risorse naturali adeguate, sia pesanti ripercussioni sulla qualità ambientale.

Al fine di agire con efficacia e con corretta rispondenza verso le esigenze idriche territoriali, alle Regioni sono stati affidati i compiti di:

- delimitare **gli ambiti territoriali ottimali**, sulla cui base debbono essere riorganizzati i servizi idrici;
- disciplinare le forme e i modi della **cooperazione tra gli Enti Locali** ricadenti nel medesimo ambito territoriale ottimale;
- definire le regole (con l'adozione di una **convenzione-tipo** e del relativo disciplinare) sulla base delle quali gli Enti Locali ricadenti nel medesimo ambito territoriale ottimale affidano a soggetti pubblici o privati la gestione del servizio idrico integrato;
- aggiornare gli strumenti di pianificazione e programmazione in materia di risorse idriche (Piano regolatore generale degli acquedotti e Piani di risanamento delle acque) ed emanare delle **direttive per la formazione dei Piani d'ambito**.

Sulla base di ciò la Regione Emilia-Romagna ha individuato 9 ambiti territoriali ottimali (A.T.O.) entro cui devono essere riorganizzati i servizi; HERA Imola-Faenza ricade negli A.T.O. n° 5 di Bologna e n° 7 di Ravenna.

Reti acquedottistiche ed impianti di potabilizzazione

Tutto il territorio gestito da HERA Imola-Faenza (in precedenza A.M.I. e A.M.F.) è servito da più reti acquedottistiche civili, la maggior parte delle quali tra loro interconnesse, che indicativamente servono oltre il 98 % della popolazione. Inoltre, nel comprensorio imolese e nel Comune di Casola Valsenio, sono presenti anche una rete acquedottistica industriale e una rete di acqua grezza ad utilizzo delle attività produttive.

Fonti autoctone di approvvigionamento di acqua grezza

Da sempre HERA Imola-Faenza ha cercato di alimentare gli abitanti e le attività produttive site nel proprio ambito, con fonti autoctone, riservando le acque più pregiate e di migliore qualità all'utilizzo civile e destinando quelle con caratteristiche inferiori all'utilizzo produttivo.

Le principali fonti idriche che si tro-

vano nel territorio variano da zona a zona, a seconda delle caratteristiche pedologiche e geologiche; così, in linea di massima, si può affermare che:
- Nelle zone montane le fonti principali sono sorgenti;
- Nelle zone collinari le fonti predominanti sono i corsi d'acqua superficiali;
- Nelle zone di pianura le fonti principali sono le acque di falda.

Acqua grezza autoctona prelevata da	*Anno 2003 (m^3)*
Sorgenti	1.219.598
Corsi d'acqua e bacini superficiali	5.934.331
Falde	10.232.986

Più nello specifico si ha che le fonti sono e sono site a:
- Sorgenti: Castel del Rio, Firenzuola, Palazzuolo sul Senio, Marradi, Fontanelice;
- Corsi d'acqua superficiali: fiume Santerno (a Castel del Rio), fiume Senio (a Casola Vaslenio);
- Bacini superficiali: bacini di Rineggio in Comune di Borgo Tossignano (alimentati dal torrente Santerno), bacini di Bubano in Comune di Mordano (alimentati per circa il 50 % dal Canale dei Molini, derivazione del fiume Santerno), bacini del rio Cestina in Comune di Casola Valsenio (alimentati dal rio Cestina).
- Falde: Castel S. Pietro Terme, Dozza, Imola, Mordano, Castel Bolognese, Solarolo

Fonti di approvvigionamento esterne di acqua grezza

Oltre alle fonti autoctone citate poco sopra, l'altra risorsa idrica grezza di fondamentale importanza per il sistema acquedottistico di HERA Imola-Faenza è il Canale Emiliano Romagnolo.

Le acque prelevate dal C.E.R. vanno ad alimentare i bacini di Bubano.

Acqua grezza esterna prelevata da	*Anno 2003 (m^3)*
C.E.R.	4.964.165

Bacini di stoccaggio acqua grezza

In tutte le aree gestite da HERA Imola-Faenza, si sono manifestati già da diversi anni incrementi di richieste idriche a seguito sia della crescita di popolazione, sia dell'aumento delle attività industriali e produttive che insistono sul territorio.

Questo ha portato a sfruttare sempre più le risorse idriche autoctone disponibili, provocando uno sbilanciamento tra domanda e offerta mostratosi evidente soprattutto nelle zone di pianura, dove i livelli delle falde si sono abbassati, creando il cosiddetto fenomeno della subsidenza.

Allo stesso tempo, il susseguirsi di stagioni sempre più siccitose, unite al regime torrentizio caratterizzante i corsi d'acqua della nostra zona, ha messo in luce i problemi di fornitura e riserva idrica nelle zone collinari e montane.

Pertanto, per garantire in futuro, da un lato un servizio idrico contraddistinto da qualità e continuità, dall'altro la tutela ambientale delle nostre zone, HERA Imola-Faenza ha provveduto e sta provvedendo a realizzare bacini di stoccaggio di acqua grezza alimentati da fonti idriche superficiali.

Le tre riserve principali di acqua grezza superficiale sono:

I vantaggi di una politica di questo tipo, alcuni dei quali già menzionati, posso essere elencati nei seguenti punti:
- Garanzia di continuità del servizio idrico, anche durante periodi di particolare siccità;
- Miglioramento e minor variabilità delle qualità dell'acqua superficiale per effetto dei processi di «potabilizzaione» naturale all'interno dei bacini;
- Tutela delle portate dei corsi d'acqua superficiali durante i periodi di magra;
- Tutela delle falde acquifere.

Impianti di potabilizzazione e di trattamento industriale

Nel territorio gestito da HERA Imola-Faenza alcune fonti idriche risultano già potabili e pertanto vengono immesse

Bacini di	*Capacità attuale (m^3)*	*Capacità futura (m^3)*	*Fonti superficiali*
Bubano	1.564.372	3.864.372	C.E.R. e Canale dei Molini
Rineggio	95.000.		Fiume Santerno
Rio Cestina	25.700		Rio Cestina

nella rete di distribuzione civile senza che queste subiscano trattamenti, se non una semplice disinfezione per tutelarne la bontà fino all'utenza.

Più nel dettaglio tali fonti si trovano a:

- Imola, la quasi totalità dei pozzi;
- Dozza, i pozzi;
- Fontanelice, sorgente;
- Castel del Rio, sorgenti;
- Firenzuola, sorgenti;
- Palazzuolo sul Senio, sorgenti;
- Castel Bolognese, alcuni pozzi;
- Marradi, sorgenti.

Non tutte le acque prelevate dall'ambiente sono disponibili o all'utilizzo produttivo/industriale o addirittura all'uso civile potabile tal quali, ma necessitano di subire trattamenti al fine di ottenere qualità adeguate per il loro utilizzo.

Di norma i processi che un'acqua di tipo superficiale subisce per diventare potabile sono:

1. Predisinfezione;
2. Acidificazione;
3. Chiariflocculazione;
4. Filtrazione a sabbia;
5. Ozonizzazione;
6. Filtrazione a carboni attivi;
7. Postdisinfezione.

I potabilizzatori alimentati da acque superficiali del territorio HERA Imola-Faenza sono ubicati a:

- Castel S. Pietro T. – 160 l/s;
- Borgo Tossignano – 50 l/s;
- Castel del Rio – 4 l/s;
- Mordano – 38 l/s;
- Conselice – 30 l/s;
- Casola Valsenio – 20 l/s;
- S. Agata sul Santerno – 8 l/s.

Differenti, invece, sono i trattamenti standards che subisce un'acqua di falda per divenire atta all'utilizzo potabile:

1. Ossidazione;
2. Filtrazione biologica;
3. Filtrazione a carboni attivi;
4. Postdisinfezione.

I potabilizzatori alimentati da acque di falda del territorio HERA Imola-Faenza sono ubicati a:

- Castel S. Pietro T. – 20 l/s;
- Castel Bolognese – 33 l/s;
- Massa Lombarda – 30 l/s;
- Solarolo – 14 l/s.

Oltre agli impianti di potabilizzazione, HERA Imola-Faenza, nell'ottica di tutelare le acque pregiate destinandole al consumo civile, ha realizzato nei primi anni '80 un impianto di trattamento dell'attuale potenzialità di 460 l/s, che alimenta una rete acquedottistica di tipo industriale a servizio di diverse aree produttivo/industriali del comprensorio imolese.

I trattamenti che l'acqua di tipo superficiale prelevata dai bacini di Bubano subisce sono:

1. Predisinfezione;
2. Acidificazione;

3. Chiariflocculazione;
4. Postdisinfezione.

Si deve segnalare che, oltre all'utilizzo industriale, l'acqua trattata da questo impianto viene fornita anche a diversi potabilizzatori (Castel S. Pietro T., Conselice, Mordano, S. Agata sul Santerno), dove si ha il processo di affinamento per uso potabile tramite filtrazione.

Fonti di approvvigionamento esterne di acqua potabile

Già da diversi anni, conseguentemente all'aumento di popolazione e di consumi riscontrato su tutto il territorio, HERA Imola-Faenza ha dovuto o sostituire o integrare le proprie fonti con apporti esterni; più in dettaglio:
- Romagna Acque per il Comune di Faenza;
- Consorzio Alta Val Lamone per l'intera vallata del Lamone, fino a Faenza;
- HERA Bologna per integrare le reti di Medicina, Castel S. Pietro T., Casalfiumanese e Castel del Rio;

- HERA Ravenna per alcune frazioni del Comune di Faenza;
- Comune di Molinella per alcune case sparse in Comune di Medicina.

Ente esterno ad HERA Imola-Faenza	*m^3 potabili prelevati nel 2003*
Romagna Acque	3.100.019
C.A.V.L.	1.690.358
HERA Bologna	664.446
HERA Ravenna	11.540
Comune di Molinella	344

Si sottolinea che il C.A.V.L., pur essendo un soggetto estraneo ad HERA Imola-Faenza, risulta sfruttare fonti idriche autoctone (sorgenti degli Allocchi e torrente Ravale), che vengono prelevate dall'alta valle del Lamone per alimentare, tramite le reti HERA, i paesi e le frazioni lungo tutta la valle del Lamone fino a Faenza.

Le reti acquedottistiche HERA Imola-Faenza

Le reti acquedottistiche civili gestite da HERA Imola-Faenza risultano essere in molti punti interconnesse le une alle altre. Gli unici Comuni dove ciò non si verifica, anche perché la gestione delle reti è in mano ad HERA da pochi anni, sono i Comuni toscani.

I dati relativi all'anno 2003 attualmente disponibili sono:

Lunghezza rete acquedottistica civile	2.780 km
Lunghezza rete acquedottistica industriale	115 km

Acqua civile immessa in rete	22.204.605 m^3
Acqua industriale immessa in rete	8.490.419 m^3
Acqua grezza industriale immessa in rete	104.941 m^3

Perdite di rete civile	20%	1.950 m^3/km
Perdite di rete industriale	7%	5.000 m^3/km

Le reti presentano complessivamente un valore percentuale di perdite di rete attorno al 20% conforme ai valori guida (18 – 20%); la stessa considerazione la si rileva per le perdite espresse in m^3/km anno, dove il valore 1.950 è addirittura al di sotto del valore guida di 2.000 m^3/km.

Per la rete industriale si può notare che, poiché la rete è poco estesa e formata da diametri di notevole dimensione, le perdite espresse in m^3/km anno appaiono elevate; in realtà, come si nota dal valore percentuale, la rete presenta ottimi valori di perdite.

I nuovi parametri sull'acqua civile

Col Decreto Legislativo 2 Febbraio 2001, n° 31 «Attuazione della Direttiva 98/83/CE relativa alla qualità delle acque destinate al consumo umano» sono stati aggiornati i valori dei parametri relativi all'acqua destinata al consumo civile.

Tra tutti i parametri enunciati, due in particolare interessano la nostra società:
- tricloroetilene + tetracloroetilene < 10 mg/l;
- clorito < 800 mg/l.

Il nuovo limite del parametro tricloroetilene + tetracloroetilene viene infatti ad essere superato in alcuni pozzi che alimentano la rete acquedottistica di Imola; inoltre tale parametro, solamente nei periodi di maggior richiesta, in alcuni casi veniva ad essere oltrepassato anche nell'acqua in uscita dalla vasca Pontesanto, punto di raccolta e miscelazione di tutte le acque di falda di Imola.

Per rientrare al di sotto del valore di legge entrato in vigore lo scorso 25 Dicembre, attualmente i pozzi problematici vengono tenuti spenti. Però, per riuscire a garantire con adeguata sicurezza il servizio idrico all'utenza anche nei periodi più siccitosi e di maggior consumo, sempre disponendo di buona qualità, si sta provvedendo alla progettazione esecutiva e seguente realizzazione di un impianto di potabilizzazione da 130 l/s formato da filtri a carboni attivi, al fine di abbattere gli organoalogenati presenti nelle acque prelevate dai pozzi problematici.

Il parametro clorito, invece, risultava critico soprattutto per il Comune di Faenza il cui acquedotto è alimentato dall'acqua potabile proveniente da Romagna Acque. Gli altri impianti e le altre reti HERA Imola-Faenza non presentavano problemi, salvo casi particolari di anomali funzionamenti di alcune apparecchiature.

A seguito, però, della deroga regionale che pone il limite a 1.300 mg/l, il problema è al momento superato. Ad ogni modo si vuole sottolineare come tale problema qualitativo non dipenda da impianti o strutture HERA Imola-Faenza, ma da un ente di produzione di acqua civile esterno.

HERA Imola-Faenza e la futura gestione della risorsa idrica in campo acquedottistico

LINEE GUIDA GENERALI

- Risoluzione delle criticità esistenti;
- Miglioramento del monitoraggio della produzione e della distribuzione (ditrettualizzazione delle reti);
- Recupero delle perdite di rete nei comuni critici, avendo come obiettivo il 15 – 20% dell'acqua immessa in rete;
- Riduzione dell'emungimento di acque di falda e chiusura di pozzi in seguito all'entrata in vigore dei nuovi limiti di legge più restrittivi, e al costante calo dei livelli di falda;
- Riduzione dell'utilizzo di acque di sorgente meno protette e dismissione, dove possibile, delle sorgenti più superficiali;
- Prevalenza dell'approvvigionamento idrico da acque superficiali;
- Separazione più spinta delle reti acquedottistiche ad uso civile e ad uso produttivo;
- Standardizzazione degli impianti di potabilizzazione.

PRINCIPALI INTERVENTI DA ESEGUIRE SUI POTABILIZZATORI:

Comune	*Descrizione intervento*
– Imola	Nuovo potabilizzatore per abbattimento organoalogenati: 130 l/s
– Mordano	Potenziamento del potabilizzatore esistente: 80 l/s
– Conselice	Potenziamento del potabilizzatore esistente: 40 l/s
– Casola Valsenio	Nuovo potabilizzatore civile: 30 l/s
– Castel Bolognese	Nuovo potabilizzatore alimentato da A.I.: 120 l/s
– Mordano	Potenziamento dell'impianto di trattamento industriale: 800 l/s

PRINCIPALI INTERVENTI SULLE RETI ACQUEDOTTISTICHE :

Comune	*Descrizione intervento*
– Dozza	Potenziamento dell'interconnessione Dozza-Imola
– Mordano	Interconnessione rete adduzione Mordano-Massa Lombarda
– Imola	Interconnessione rete adduzione Imola-Mordano
– Casola Valsenio	Interconnessione rete Casola Vaslneio-Palazzuolo sul Senio
– Castel Bolognese, Solarolo	Estensione rete A.I.

Reti fognarie ed impianti di depurazione

A partire dal 1996 HERA Imola-Faenza ha acquisito dai Comuni anche la gestione delle reti fognarie avviando di fatto il servizio idrico integrato.

In questi anni sono stati portati avanti interventi di completamento, potenziamento ed adeguamento della rete fognaria e di centralizzazione del trattamento dei reflui, realizzando collettori in grado di collegare le fognature di più Comuni ad un unico impianto di trattamento.

Alla fine degli anni novanta sono state create le basi per un riutilizzo delle acque trattate dai depuratori, in anticipo rispetto a quanto previsto dai Piani territoriali regionali attualmente in elaborazione, realizzando in uscita da uno dei depuratori principali gestiti da Hera Imola-Faenza e cioè il «Santerno» ad Imola dei bacini di lagunaggio al fine di migliorare la qualità dell'acqua e consentire un futuro utilizzo della stessa in agricoltura.

Nei prossimi anni un'attenzione particolare sarà dedicata al risanamento degli scarichi civili ed industriali, in funzione della nuova legislazione nazionale e regionale recentemente emanata.

Sono previsti entro la fine del 2005 una serie di interventi per il collegamento di zone non servite da depuratori e l'adeguamento degli stessi ai nuovi le più restrittivi limiti indicati dalla legge.

Reti fognarie

Le reti fognarie gestite da HERA Imola-Faenza sono essenzialmente di tipo misto (cioè raccolgono acque nere ed acque di pioggia) .

Lungo la rete mista sono presenti circa 500 sfioratori che permettono di convogliare le acque nere e di prima pioggia ai depuratori e che consentono l'immissione delle restanti acque di pioggia nei corsi d'acqua superficiale

Nelle zone di recente urbanizzazione si sta provvedendo negli ultimi anni alla separazione delle reti in bianche (per acque di pioggia) e nere (per gli scarichi civili) al fine di ridurre i fenomeni di inquinamento dei corsi d'acqua ed ottimizzare il funzionamento dei depuratori.

L'intero sistema fognario funziona prevalentemente a gravità con oltre 100 impianti di sollevamento locali realizzati prevalentemente in pianura e necessari per avere reti fognarie con una buona pendenza (e quindi funzionali) ed evitare eccessive profondità della tubazioni.

Tutti i sollevamenti sono telecontrollati dalla centrale operativa HERA Imola-Faenza per garantire un pronto intervento in caso di necessità.

È presente inoltre una rete fognaria a depressione nella frazione di Giardino ad Imola caratterizzata da:
- tubazioni scarico utenti in PVC con funzionamento a gravità
- pozzetti di disconnessione
- tubazione in PEAD con funzionamento in depressione
- centrale di aspirazione

Tale tipologia di rete fognaria consente di realizzare fognature di ridotto

diametro e profondità in realtà con una distribuzione altimetrica non favorevole al deflusso a gravità.

I collettori della rete sono costituiti nella generalità dei casi da condotti in cemento o PVC (per i più recenti); in alcuni casi nei centri storici sono ancora presenti collettori in pietra e mattoni.

Le tipologie di reti fognarie gestite da HERA Imola-Faenza, con riferimento al 2003, possono così essere sintetizzate:

Reti fognarie	*Anno 2003 (km)*
Miste	850
Bianche	65
Nere	76

Impianto di depurazione

HERA Imola-Faenza gestisce circa 30 impianti di depurazione di grandi e medie dimensioni e 50 impianti di piccole dimensioni.

Gli impianti possono essere suddivisi in più categorie in funzione delle loro dimensioni:

- depuratori di grandi dimensioni in grado di trattare gli scarichi di oltre 10.000 abitanti equivalenti e fino a 100.000 abitanti equivalenti:
  - Formellino (Faenza), Santerno (Imola), Gambellara (Imola), Castel S. Pietro T., Medicina (in seguito i prossimi ampliamenti)
- depuratori di medie dimensioni in grado di trattare gli scarichi di 2.000-10.000 abitanti equivalenti:
  - Brisighella, Casola Valsenio, Castel del Rio, Castel Guelfo, Conselice, Lavezzola, Firenzuola, Marradi, Palazzuolo sul Senio e Riolo Terme
- depuratori di piccole dimensioni in grado di trattare gli scarichi di meno di 2.000 abitanti equivalenti:
  - Fognano, Casone, S.Cassiano, Biancanigo, Lutirano, Popolano, Borgo Rivola, Isola, Soalrolo Canalvecchio, Solarolo Molinello, Solarolo San Bartolo.

Nell'ambito dei piccoli depuratori sono da inserire anche le vasche Imhoff e biologiche distribuite nei vari comuni con potenzialità in generale inferiore ai 100 abitanti.

In alcuni casi i piccoli depuratori sono stati completati con impianti di fitodepurazione (Giugnola e Paliana a Firenzuola)

I depuratori sono in grado di trattare le acque nere e di prima pioggia attraverso processi di tipo biologico. Presso i depuratori sono presenti in generale sfioratori di pioggia che garantiscono il trattamento delle acque nere e di prima pioggia con adeguati gradi di diluizione (variabili da 3 a 5 in funzione della portata media nera o portata nera di punta).

Lo schema classico dei depuratori prevede le seguenti fasi di trattamento:

- dissabbiatura
- disoleatura
- denitrificazione
- ossidazione-nitrificazione
- sedimentazione
- disinfezione

I principali dati riguardanti l'acqua trattata e la potenzialità dei depuratori possono così essere sintetizzati:

Depuratore	*Acqua trattata (m^3)*	*Potenzialità impianto (ab. eq.)*
Santerno ad Imola	4.213.000	75.0000
Formellino a Faenza	6.540.000	100.000
Altri depuratori	5.000.000	150.000

La normativa vigente

L'entrata in vigore del D.L. 152/99, successivamente modificato dal D.L. 258/00 ha fissato tempi (in generale 31/12/2005) e modalità per la messa a norma delle reti fognarie e degli impianti di depurazioni di grandi dimensioni.

La Delibera regionale 1053/2003 ha fornito indirizzi in merito alla disciplina degli scarichi derivati dagli agglomerati con popolazione inferiore a 2 000 Abitanti Equivalenti (AE) ad integrazione di quanto già previsto dal D.Lgs. 11 maggio 1999, n. 152.

Limiti di emissione per gli impianti di acque reflue urbane.

Potenzialità impianto in A.E. (abitanti equivalenti)	2.000 – 10.000		>10.000	
Parametri (media giornaliera)	Concentrazione	% di riduzione	Concentrazione	% di riduzione
BOD5 (senza nitrificazione) mg/L	≤ 25	70-90	≤ 25	80
COD mg/L	≤ 125	75	≤ 125	75
Solidi Sospesi mg/L	≤ 35	90	≤ 35	90

Limiti di emissione per gli impianti di acque reflue urbane recapitanti in aree sensibili.

Parametri (media annua)	Potenzialità impianto in A.E.			
	10.000 – 100.000		>100.000	
	Concentrazione	% di riduzione	Concentrazione	% di riduzione
Fosforo totale (P mg/L)	≤ 2	80	≤ 1	80
Azoto totale (N mg/L)	≤ 15	70-80	≤ 10	70-80

I vincoli maggiori sono dovuti, per i depuratori con più di 2.000 abitanti, ai limiti restrittivi legati ad alcuni parametri inquinanti (COD e Solidi sospesi, anche se sono consentiti entro certi limiti analisi fuori norma).

Per i depuratori più importanti, con più di 10.000 abitanti e per l'Emilia Romagna, i parametri restrittivi riguardano anche il fosforo.

HERA Imola-Faenza e la futura gestione della risorsa idrica in campo fognaro e depurativo

Linee guida generali

Le situazioni più critiche, riguardanti gli impianti di trattamento di maggiori dimensioni, sono state già affrontate elaborando progetti in parte finanziati da HERA, in parte dal Consorzio A.M.I., Comuni, Provincie e Regione.

La nascita ed espansione di una serie di aree industriali (Castel S. Pietro T., Castel Guelfo) oltre la naturale espansione dei centri abitati renderà necessario il potenziamento di alcuni depuratori.

Nel campo fognario sono stati elaborati e finanziati tutti gli interventi riguardantiil collegamento delle frazioni maggiori (quelli che devono essere realizzati entro il 2005) ed alcuni interventi riguardanti le frazioni minori.

Ulteriori obiettivi che ci si propone di raggiungere in campo fognario sono i seguenti:
- separazione delle reti all'interno delle nuove urbanizzazioni
- realizzazione di collettori per acque nere di collegamento tra nuove urbanizzazioni e depuratori al fine di rendere funzionale da subito gli interventi di separazione
- realizzazione di un numero limitato di bacini di laminazione presso i vari Comuni per limitare i problemi legati alle acque bianche dei nuovi insediamenti ma anche per migliorare la situazione esistente
- immissione delle acque bianche in acque superficiali;
- potenziamento dei collettori fognari in funzione in funzione dello sviluppo urbanistico e delle prescrizioni indicate nelle normative regionali in corso di definizione

Per quanto riguarda i depuratori si prevedono i seguenti interventi:
- interventi di manutenzione straordinaria riguardanti le strutture in cemento armato e macchinari
- interventi di potenziamento (in particolare risultano in deficit i depuratori di Brisighella, Castel Guelfo, Castel San Pietro e Medicina per cui sono stati già definiti e finanziati progetti di potenziamento)
- interventi di adeguamento a quanto previsto dal D.L. 152/99 ed alla legge regionale

PRINCIPALI INTERVENTI IN FASE DI REALIZZAZIONE ED IN PROGETTO NEI PROSSIMI ANNI

Interventi fognari di collegamento delle frazioni e principali:

Comune	*Descrizione intervento*
– Imola	Collegamento Sasso Morelli a Massa Lombarda
– Castel S.Pietro	Collegamento da Osteria Grande a Castel S.Pietro
– Medicina	Collegamento da Fossatone a Medicina
– Medicina	Collegamento da Ganzanigo a Medicina.

Interventi fognari di collegamento di frazioni e zone secondarie :

Comune	*Descrizione intervento*
– Brisighella	Collegamento zona industriale
– Brisighella	Collegamento da Marzeno a Faenza
– Casola Valsenio	Collegamento zona industriale
– Bagnara	Collegamento via Giuliana
– C.Bolognese	Estensione rete via Alberazzo
– Imola	Rete fognaria Zello e fitodepurazine
– Imola	Collegamento Linaro a collettore di .vallata
– MassaLombarda	Ristrutturazione rete fognaria
– Dozza	Adeguamento rete fognaria e impianti fitodepurazione
– Solarolo	Collettore lungo il Rio Barbiano
– Imola	Collegamento discarica

Sono previsti interventi per circa 7.000.000 di euro

Potenziamento ed adeguamento depuratori

Depuratore	*Descrizione intervento*
– Medicina	Potenziamento ed adeguamento depuratore
– C.S.Pietro	Potenziamento ed adeguamento depuratore
– Santerno	Adeguamento. depuratore ed abbattimento fosforo. ed azoto
– S.M.Pedriolo(Casalfiumanese.)	Adeguamento depuratore

Sono previsti interventi per circa 4.000.000 di euro

La gestione delle risorse idriche lungo la vallata del Santerno

Le fonti e gli impianti di produzione

Il centro nevralgico per la rete acquedottistica dell'intera Vallata del Santerno è l'impianto di potabilizzazione di Borgo Tossignano, la cui attuale potenzialità è di 50 l/s.

Fino a quattro anni fa', le acque da destinarsi alla rete idrica venivano prelevate direttamente dal fiume Santerno, unica risorsa idrica disponibile della zona, e l'impianto di potabilizzazione funzionava a regime praticamente in continuità, senza che vi fosse una riserva in caso di emergenza. Con il potenziamento dell'impianto, che ha visto la realizzazione nel 1999 di una seconda linea di potabilizzazione, e con la realizzazione degli invasi golenali di Rineggio, la situazione è decisamente migliorata.

Struttura del potabilizzatore di Borgo Tossignano

1. Acidificazione con acido cloridrico;
2. Preclorazione con biossido ci cloro;
3. Chiariflocculazione su due linee parallele, una da 18 l/s (chiariflocculatore di tipo accelator) e una da 32 l/s (chiariflocculatore a pacchi lamellari);
4. Filtrazione a sabbia su tre linee parallele equipotenziali;

5. Filtrazione a carboni attivi su tre linee parallele equipotenziali;
6. Postdisinfezione con biossido di cloro.

La proposta di realizzare degli invasi golenali di capacità notevole (pari a 95.000 m^3) è nata per far fronte a determinate necessità:
- Garantire un corretto funzionamento dell'impianto di potabilizzazione di Borgo Tossignano;
- Garantire un'adeguata sicurezza igienico-sanitaria;
- Migliorare l'approvvigionamento idrico;
- Sopperire all'aumento dei consumi idrici.

Il centro di potabilizzazione di Borgo Tossignano prima della realizzazione dei bacini di Rineggio, disponeva di una riserva idrica di un solo giorno. Se poi si aggiunge che l'alimentazione avveniva direttamente dal fiume, si capisce come la gestione fosse alquanto precaria e difficoltosa sia dal punto di vista igienico-sanitario, sia dal punto di vista gestionale. Infatti, il prelevare direttamente acqua fluente da un corso d'acqua superficiale non permette di gestire la potabilizzazione secondo criteri di economicità e qualità, perché l'acqua che si ha a disposizione risulta essere notevolmente variabile nel tempo, sia qualitativamente che quantitativamente, e soggetta a fenomeni di inquinamento imprevedibili.

Con la messa in funzione degli invasi golenali, si è venuti a disporre di una riserva idrica di circa un mese che risolve i problemi sopra enunciati, garantendo un notevole miglioramento dell'approvvigionamento idrico.

I bacini, infatti, consentono di poter usufruire acqua con caratteristiche lentamente variabili nel tempo e di qualità superiore rispetto all'acqua fluente del Santerno, poiché i bacini stessi vengono a svolgere alcune funzioni di depurazione quali:
- l'accumulo dei sedimenti organici trasportati dalla corrente;
- la ritenzione e la trasformazione delle sostanze nutrienti da parte degli organismi soprattutto vegetali presenti nei bacini.

In ultimo, con il potenziamento dell'impianto di potabilizzazione di Borgo Tossignano e l'utilizzo degli invasi golenali di Rineggio, si riuscirà a rispondere alla crescente domanda d'acqua per usi civili dei prossimi anni nell'intero territorio della Vallata del Santerno, senza alterare le riserve idriche sotterranee e locali, favorendo così la salvaguardia degli ambienti della valle.

Oltre a Borgo Tossignano, è da segnalare la presenza di un piccolo potabilizzatore a Castel del Rio. Alimentato direttamente dal fiume Santerno, presenta

una bassa potenzialità (4 l/s) necessaria solamente nei periodi di maggior richiesta per integrare le sorgenti, vera fonte primaria per la rete acquedottistica del Comune.

La rete acquedottistica

Dal potabilizzatore di Borgo Tossignano partono due condotte principali destinate ai princiapli serbatoi della vallata. Più nello specifico, una condotta rifornisce il serbatoio di Frascoleto, che assieme ai serbatoi Casalino e al pensile di Casalfiumanese sono le tre vasche principali per l'alimentazione delle reti di distribuzione di Borgo Tossignano e Casalfiumanese. L'altra condotta, invece, si dirige nella parte alta della vallata a rifornire i serbatoi Brega, Pioppe e Costarella che risultano indispensabili per l'erogazione del servizio idrico a Fontanelice e Sassoleone (frazione di Casalfiumanese).

Si deve poi sottolineare che negli ultimi anni si è portata a termine la realizzazione dell'interconnessione, che in futuro verrà ulteriormente potenziata, tra le reti di Gaggio (frazione di Fontanelice) e Castel del Rio. Questo collegamento permette attualmente di integrare la risorsa idrica di Castel del Rio e, nel futuro, porterà alla dismissione dell'impianto di potabilizzazione locale.

Oltre alle interconnessioni tra i Comuni della vallata sono presenti collegamenti anche con reti sempre gestite da HERA Imola-Faenza (Castel S. Pietro T., Dozza, Imola) e da HERA Bologna (località Giugnola e Casoni di Romagna)

Acqua grezza da corsi d'acqua superficiali (m^3)	1.072.543
Acqua grezza da sorgenti (m^3)	134.845
Acqua potabile acquistata da altre reti (m^3)	127.603
Acqua potabile venduta ad altre reti (m^3)	19.163
Acqua potabile immessa in rete (m^3)	1.073.732
Acqua fatturata all'utenza (m^3)	821.298
Lunghezza rete (m)	259.553,2
Perdite di rete (%)	22
Perdite di rete (m^3/km)	970

Bilancio idrico della Vallata del Santerno: anno 2003

Come si può notare lo stato di salute della rete acquedottistica è buona, in quanto, per le perdite di rete, a valori leggermente sopra alla norma a livello percentuale (valore causato dalla presenza in montagna di diversi acquedotti rurali vetusti), si contrappone un ottimo valore a livello di m^3/km anno.

Interventi futuri

Oltre agli interventi standards legati alle manutenzioni ordinarie e straordinarie relative sia agli impianti di produzione che alle condotte idriche, i principali interventi previsti negli anni a venire sono:

- Realizzazione di una rete acquedottistica di acqua grezza a servizio delle zone industriali e produttive di Borgo Tossignano e Casalfiumanese;
- Potenziamento del potabilizzatore di Borgo Tossignano;
- Ristrutturazione degli acquedotti rurali;

- Potenziamento dell'interconnessione tra le reti di Fontanelice e Castel del Rio.

Il sistema fognario e depurativo

Al fine di ridurre i fenomeni di inquinamento lungo il fiume Santerno, si è cercato negli anni (ove le distanze rendevano economicamente conveniente l'intervento) di collegare le reti fognarie dei vari Comuni della vallata tra di loro ed al depuratore di Imola.

Per i Comuni di Firenzuola e di Castel del Rio, che fiancheggiano il Santerno nella parte iniziale della valle, data la posizione dei centri abitati, non si è ritenuto conveniente il collegamento, per cui si sta procedendo all'adeguamento dei due impianti di depurazione.

Le reti fognarie dei Comuni di Fontanelice, Borgo Tossignano e Casalfiumanese sono invece state collegate ed hanno invece come recapito finale un unico collettore, della lunghezza di circa 15 Km, che corre a ridosso del fiume Santerno per poi arrivare al depuratore di Imola.

Il sistema fognario in esame svolge

quindi il compito di raccogliere le acque usate da un bacino di utenza di circa 70.000 abitanti

L'intero sistema fognario funziona prevalentemente a gravità con alcuni tratti in pressione.

Le reti fognarie sono essenzialmente di tipo misto e solo in alcune zone di recente urbanizzazione si sta provvedendo alla separazione delle reti.

I collettori della rete sono costituiti nella generalità dei casi da condotti in cemento o PVC.

La realizzazione di un collettore di collegamento tra i vari Comuni ha consentito di eliminare tutta una serie di depuratori di piccole dimensioni e di difficile gestione che non garantivano adeguati livelli di depurazione e creavano fenomeni di inquinamento lungo il fiume Santerno.

Il depuratore «Santerno»

Il depuratore «Santerno» tratta i liquami provenienti dal sistema fognario della vallata del Santerno e dal sistema fognario della città di Imola.

La configurazione dell'impianto si è venuta man mano modificando nel corso degli anni con opere di ampliamento ed adeguamento i maggiori carichi fino a quella attuale che comprende due linee aventi cicli di trattamento e potenzialità differenti.

STRUTTURA DEL DEPURATORE «SANTERNO»

Il ciclo del depuratore , del tipo a fanghi attivi, può essere così descritto:

Linea bottini-Vasche settiche-Rifiuti speciali
- Grigliatura meccanica;
- Dissabbiatura;
- Vasca accumulo.

Linea acqua
- Sollevamento iniziale;
- Grigliatura meccanica;
- Dissabbiatura-disoleatura;
- Sedimentazione primaria (solo collettore Nord);
- Denitrificazione;
- Ossidazione-Nitrificazione;
- Sedimentazione finale;
- Clorazione.

Linea fanghi
- Preispessimento fanghi;
- Digestione anaerobica;
- Postispessimento fanghi;
- Disidratazione meccanica dei fanghi.

Potenzialità dell'impianto
- Abitanti equivalenti 75.000
- Portata media nera 400 m^3/h

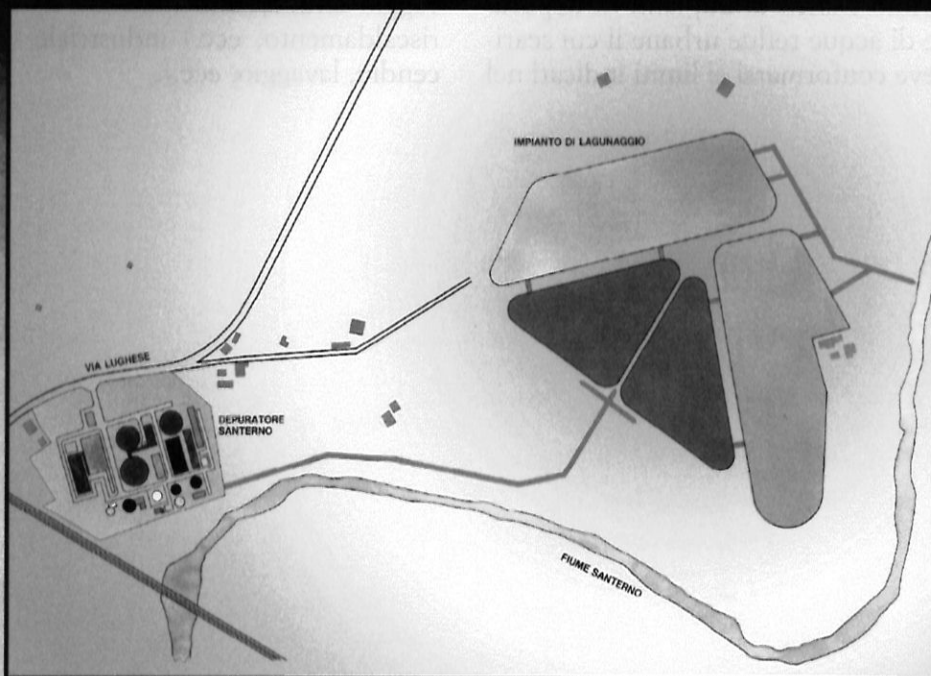
I bacini di lagunaggio

È stato recentemente realizzato un trattamento terziario dei liquami mediante alcuni bacini di lagunaggio per migliorare le caratteristiche delle acque del depuratore Santerno.

Sono stati realizzati, recuperando delle ex cave, 5 bacini del volume totale di 416.000 mc, dove convogliare le acque depurate prima dello scarico in fiume.

Il tempo di detenzione di circa 1 mese permette ai microrganismi e alle alghe di migliorare globalmente la qualità dell'acqua in uscita dal depuratore.

Un'altra importante funzione dell'impianto di lagunaggio è quella di garantire, in caso di problematiche legate al funzionamento del depuratore, lo stoccaggio delle acque non depurate, evitando il loro sversamento nel fiume Santerno.

Negli anni questi bacini sono diventate delle vere e proprie oasi faunistiche e punti di riferimento per uccelli in migrazione.

Obiettivi futuri

In futuro, anche in funzione delle indicazioni dei piani ambientali regionali, è previsto il riutilizzo queste acque del depuratore in agricoltura.

Le Regioni infatti stanno definendo un primo elenco di impianti di depurazione di acque reflue urbane il cui scarico deve conformarsi ai limiti indicati nel D.M. n.185 del 12 giugno 2003 «Regolamento recante norme tecniche per il riutilizzo delle acque reflue».

Per il depuratore Santerno è previsto al momento il riutilizzo delle acque a partire dal 2008.

Poiché le acque reflue recuperate destinate al riutilizzo irriguo o civile devono possedere, all'uscita dell'impianto di recupero, requisiti chimico-fisici e microbiologici almeno pari a quelli riportati nel decreto, sarà necessario completare il trattamento con nuove fasi quali la filtrazione e la disinfezione a raggi U.V. .

Al momento HERA Imola-Faenza sta procedendo allo studio degli interventi necessari per raggiungere i nuovi standard di qualità e rendere l'acqua compatibile con l'uso irriguo, civile (lavaggio strade, alimentazione sistemi di riscaldamento, ecc.) industriale (antincendio, lavaggio, ecc.).

LA GESTIONE ECOSOSTENIBILE DELLE ACQUE: RUOLO DELL'UNIVERSITÀ COME CONSULENTE ISTITUZIONALE

WATER SUSTAINABLE MANAGEMENT: THE INSTITUTIONAL ROLE OF THE UNIVERSITY

Donatella Pavanelli (*), **Nicoletta Zamboni** (**)

(*) Ricercatrice presso il DEIAgra, Facoltà di Agraria, Università di Bologna.
(**) Collaboratrice di ricerca presso il CSSAS, DiSTA, Facoltà di Agraria, Università di Bologna.

Riassunto

La legge quadro 183 dell'89 presenta l'aspetto innovativo di avere, con la creazione delle Autorità di Bacino, collocato all'interno dei confini naturali del bacino idrografico gli ambiti della gestione delle acque, collegando fra loro la difesa del suolo, la difesa dalle acque e delle acque e gli usi. Tuttavia numerosi altri enti istituzionali sono coinvolti nella gestione e pianificazione delle acque, ricordiamone i principali: i Consorzi di bonifica, il Canale Emiliano Romagnolo, l'ARPA, i Comuni, le Province e la Regione attraverso gli assessorati competenti.
Poichè la Facoltà di Agraria, dell'Università degli Studi di Bologna, nell'ambito delle proprie finalità, svolge da tempo attività di sperimentazione e ricerca nel settore idrologico-ambientale, pare di poter affermare che sia interesse reciproco collaborare per una ottimale razionalizzazione delle risorse e per procedere al confronto dei risultati ottenuti. Obiettivi, da tempo perseguiti da alcuni gruppi di ricerca della Facoltà, e che richiedono uno sforzo comune sia nel cercare la collaborazione che nell'orientamento della ricerca verso finalità anche applicative.
Nell'ambito di questo spirito di cooperazione, il Centro Sperimentale per lo Studio e l'Analisi del Suolo (CSSAS), afferente al DISTA, ed il DEIAGRA, Dipartimenti della Facoltà di Agraria, hanno in essere diverse collaborazioni di cui si darà una sintetica relazione delle più recenti, sia relativamente agli obiettivi che ai risultati conseguiti.

Abstract

With the creation of Basin Authorities the framework law number 183 of 1989 presents the innovative feature of placing different aspects of water management within the natural boundaries of a watershed, liking hydrogeological risk prevention, water pollution prevention and water resources consumption. However, the institutional entities involved in water resources management and planning are many; among the mains we recall: land reclamation consortiums, the "Canale Emiliano Romagnolo" Consortium, the Regional Agencies for pollution Prevention and Environment (ARPA), Municipalities, Provincial Councils and Regional Councils through their competent councillorships. The Faculty of Agriculture of the University of Bologna, within its purposes, has been leading ex-

perimental and research activities in the environmental and hydrological field, so it is possible to assess that it is mutual interest to collaborate for an optimisation of the resources and, further on, to compare the obtained results. These goals have been pursued by some research groups of the Faculty of Agriculture, however they demand a common effort either to will collaboration, either to address the research also towards applied finalities.
Within this cooperative spirit, the Experimental Centre for the Study and the Analysis of Soil (CSSAS), part of the DISTA, and the DEIAGRA, both Departments of the Faculty of Agriculture, have various on-going agreements, whose goals and attained results will be briefly presented.

1. La gestione ecosostenibile della risorsa idrica

L'acqua è una risorsa preziosa che coinvolge, per la sua corretta e razionale gestione, una molteplicità di Enti, Istituzioni ed Amministrazioni locali, spesso a costituire una complessa piramide di competenze. Da un lato, per citarne alcuni, annoveriamo:

- l'Autorità di Bacino, responsabile della pianificazione all'interno dei confini naturali del bacino idrografico di riferimento ed impegnata nella programmazione delle opere di difesa idrogeologica e di tutela delle acque;
- i Consorzi di Bonifica, deputati alla gestione e distribuzione delle acque ai fini irrigui all'interno di comprensori;
- le Agenzie Regionali di Protezione per l'Ambiente (ARPA), coinvolte nelle attività di monitoraggio e di studio della risorsa idrica.

Questi Enti, che sono solo alcune delle realtà coinvolte, lavorano di concerto con le Amministrazioni regionali, provinciali e comunali.

Appare subito evidente l'articolazione che deriva da questo intreccio di competenze, che rispondono però ad un unico importante impegno: la **sostenibilità**, come strategia da seguire nella gestione del patrimonio idrico.

Il concetto associato alla parola "sostenibilità" è estremamente ampio e parte dall'equivoco della rinnovabilità e della illimitatezza della risorsa acqua. In aree naturalmente ricche d'acqua questa risorsa è diventata insufficiente perché inquinata o perché utilizzata in modo irrazionale. Punto di partenza, per programmarne l'uso durevole, in grado di soddisfare le diverse esigenze civili, agricole industriali e ambientali, è la conoscenza delle caratteristiche quali-quantitative di questo elemento. In tale fase l'Università può svolgere un importante ruolo, nell'ambito delle specifiche competenze di ricerca e analisi, al servizio degli enti preposti alla programmazione del territorio.

Nella sua versione più schematica il rapporto che può nascere dal ruolo di consulente istituzionale svolto dall'Università è il seguente: Enti ed Amministrazioni locali sono chiamati ad attuare misure di gestione sostenibile e di pianificazione della risorsa idrica; su tali problematiche, di interesse strategico, l'Università può attivare una sperimentazione applicata, fornendo i dati che ne derivano e ricevendo, secondo un reciproco

scambio, altri dati, per esempio storici o su altri parametri riguardanti l'acqua.

A seguito di tale collaborazione, tra le finalità più rilevanti che l'Università può svolgere troviamo:

- applicazione della ricerca scientifica a problematiche reali ed attuali;
- confronto dialettico con realtà esterne e aggiornamento professionale;
- costituzione di banche dati storiche ed attuali, comuni e basate sul criterio dell'uniformità.

Da quanto detto emerge che i vantaggi che derivano a seguito di queste attività di consulenza sono reciproci:

- gli Enti (pubblici o privati) e le Amministrazioni possono disporre di un maggiore quantitativo di dati, sulla base dei quali approfondire le conoscenza del territorio e supportare le politiche di gestione e tutela ambientale, con un maggiore riscontro anche per la cittadinanza;
- l'Università, che dispone delle competenze, ma necessita di risorse finanziarie, può applicare la ricerca scientifica a problematiche attuali valorizzandone le finalità e radicandosi nella realtà sociale ed istituzionale.

2. Le convenzioni in essere nella Facoltà di Agraria - Università di Bologna

Attraverso le numerose collaborazioni in essere, tra la Facoltà di Agraria di Bologna e alcuni Enti Istituzionali primari, da tempo sono attivati progetti di ricerca che hanno consentito di incrementare la conoscenza della risorsa idrica nei suoi vari aspetti: idraulici, idrologici e qualitativi, progetti di cui sinteticamente si riportano di seguito gli obiettivi, le attività e le prospettive.

Nell'ambito di questo spirito di cooperazione, il Centro Sperimentale per lo Studio e l'Analisi del Suolo (CSSAS), afferente al Dipartimento di Scienze e Tecnologie Agroambientali (DISTA), ed il DEIAGRA, Dipartimenti della Facoltà di Agraria, hanno attivato le seguenti collaborazioni:

- Convenzioni con il Comune di Castenaso con l'Azienda HERA Imola-Faenza, in riferimento al progetto MIUR-MIPAF: «Ottimizzazione a fini irrigui della qualità delle acque reflue per la salvaguardia della risorsa suolo e per l'utilizzo plurimo della risorsa acqua»;
- Convenzione con l'Autorità di Bacino del Reno: «Rilevamento sperimentale di portata e di trasporto in sospensione nei corsi d'acqua principali del bacino del Reno»;
- Convenzione con ARPA: «Studio degli aspetti legati alla presenza di inquinanti e nutrienti nelle torbide fluviali»;
- Convenzione con il Consorzio di bonifica di secondo grado per il Canale Emiliano Romagnolo: «Studio idrotorbimetro dei dati rilevati alla stazione di Volta Scirocco, fiume Reno, e stima dei deflussi».

2.1 Le convenzioni con il Comune di Castenaso e con Hera S.r.l. Imola-Faenza

Entrambe le convenzioni nascono dal progetto cofinanziato dal Fondo specia-

le per lo sviluppo della ricerca di interesse strategico del Ministero per le Politiche Agricole e Forestali (MiPAF) e del Ministero dell'Istruzione, dell'Università e della Ricerca (MIUR) ed ha lo scopo di studiare ed analizzare la «*ottimizzazione a fini irrigui della qualità delle acque reflue per la salvaguardia della risorsa suolo e per l'utilizzo plurimo della risorsa acqua*».

Tale ricerca viene svolta presso l'Unità Operativa del CSSAS del Dipartimento di Scienze e Tecnologie Agroambientali della Facoltà di Agraria – Università degli Studi di Bologna; il responsabile del progetto è il Prof. Gilmo Vianello.

Per comprendere il contesto culturale e territoriale che porta alla definizione di tale di ricerca si consideri che oltre il 60% della risorsa idrica è prelevato in agricoltura per sopperire alla esigenze irrigue e tale percentuale è destinata ad aumentare negli anni futuri, determinando un ulteriore pressione sulla risorsa stessa, la cui qualità, peraltro, in alcuni punti è critica ed in costante e progressivo peggioramento. A questo si affianca il fattore climatico, sempre più caratterizzato da estati siccitose a cui seguono inverni in cui le precipitazioni meteoriche, principali fonti di ricarica della falda freatica e dei corsi d'acqua superficiali, tendono a coincidere con eventi calamitosi, concentrati in un brevissimo intervallo di tempo.

Diventa quanto mai attuale il progetto di ricerca per ottimizzare la gestione delle acque utilizzate a scopi irrigui in agricoltura, attraverso l'utilizzo dei reflui depurati e le limitazioni dei prelievi idrici attuali, nel rispetto del Deflusso Minimo Vitale (DMV) del corso superficiale, previsto nel Piano di Tutela delle Acque della Regione Emilia-Romagna.

La pratica di riutilizzo di acque reflue depurate consentirebbe di raggiungere importanti obiettivi:
- tutelare qualitativamente e quantitativamente i corpi idrici superficiali;
- ridurre l'impatto degli scarichi sui corpi recettori;
- favorire il risparmio idrico;
- disporre di una maggiore disponibilità di risorsa idrica naturale per gli usi civili;
- sfruttare il potenziale umidificante e nutrizionale per il suolo e per le colture agrarie
- ridurre i costi legati all'impiego di fertilizzanti chimici;
- ridurre i costi di depurazione.

Inquadramento dell'area di indagine

Il progetto si proietta verso tre livelli di indagine:
- macrobacino, il riferimento è l'intera pianura padana;
- mediobacino, è stato scelto il Bacino idrografico del Fiume Reno (circa 4.934 kmq), compreso tra le Regioni Emilia-Romagna e Toscana;
- scala di **dettaglio**, la ricerca è applicata su due realtà comunali, nella provincia di Bologna, Castenaso ed Imola.

Entrambe le realtà scelte per lo studio di dettaglio rappresentano due casi di studio interessanti, per la loro differente caratterizzazione degli impianti depurativi:
- Comune di Castenaso, gestore del depuratore di Via Fiesso, media realtà

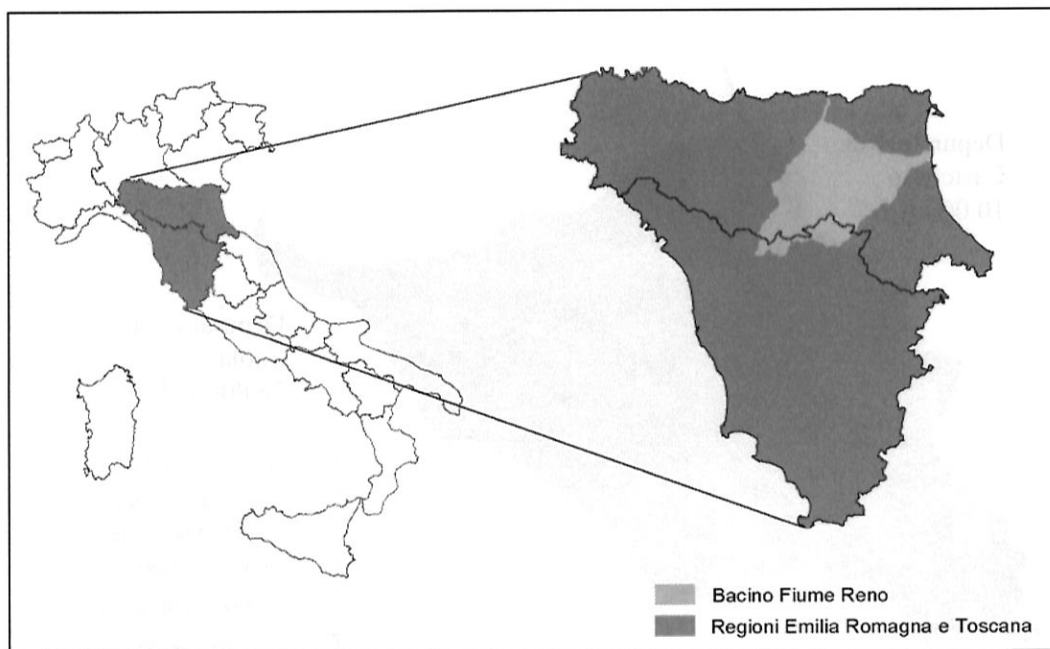



FIGURA 1 – *Inquadramento dell'area di indagine.*

(10.000 A.E.), con reflui di tipo solo domestico;
- Hera Imola-Faenza S.r.l., gestore del depuratore di Via Lughese, grande collettore (75.000 A.E.) dell'intera vallata del Fiume Santerno per le acque reflue urbane ed industriali, dotato di bacini di lagunaggio o finissaggio.

In entrambi i casi attualmente l'effluente depurato è sversato direttamente nel corpo idrico recettore, rispettivamente nel torrente Idice per Castenaso; nel fiume Santerno, previo stazionamento in bacini di lagunaggio, per Imola.

A seguito dell'approvazione delle convenzioni il CSSAS ha attivato un programma di monitoraggio basato sul campionamento e l'analisi del refluo depurato, con preciso riferimento al contenuto in **metalli pesanti**, ed altri elementi (**metalli e non**), per un totale di 32 parametri indagati. Tale attività è eseguita sui reflui depurati, prelevati in uscita dai due depuratori, con periodicità mensile.

È da sottolineare per i due enti gestori l'importanza di tale campagna analitica sui metalli pesanti, in quanto la loro determinazione risulta estremamente onerosa e di conseguenza rilevata di rado.

L'Università fornisce le concentrazioni di metalli, nei reflui campionati, ed il Comune di Castenaso e Hera Imola-Faenza rendono disponibili i dati analitici sui parametri fisici e microbiologici in loro possesso.

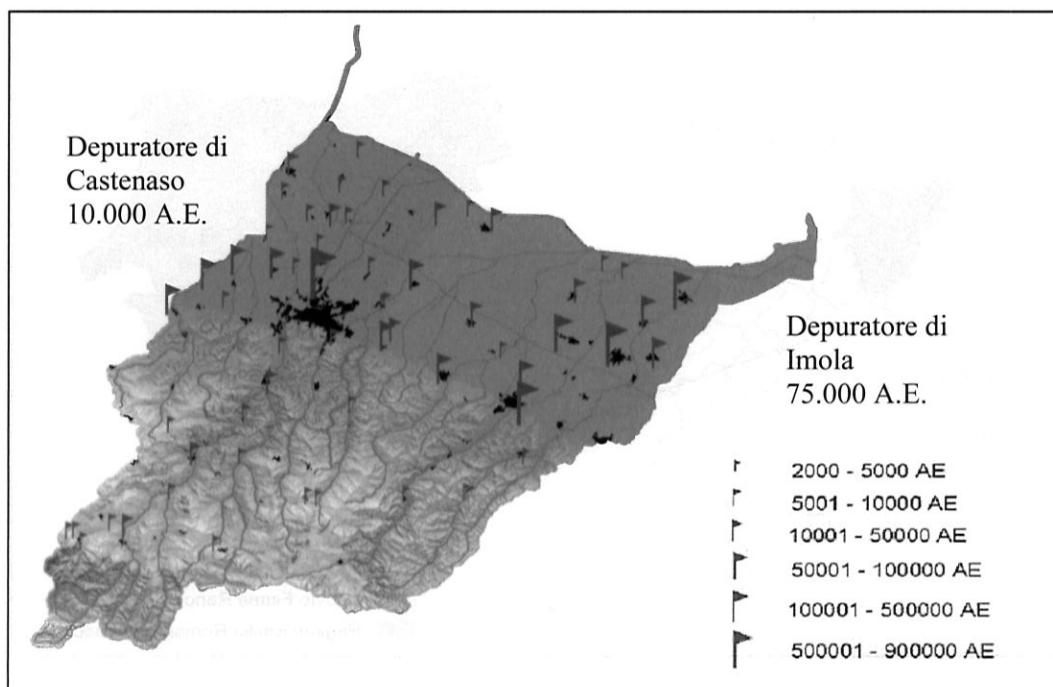



FIGURA 2 – *Localizzazione depuratori e aree di studio.*

Strumenti e metodi

La fase analitica prevede la determinazione del contenuto in metalli pesanti, attraverso la spettroscopia di emissione da atomizzazione al plasma (ICP al plasma). Tale metodo misura l'intensità delle radiazioni elettromagnetiche emesse dagli atomi/ioni, delle specie presenti nel campione, eccitati da una sorgente al plasma (nel nostro caso è usato argon).

Tra i vantaggi più importanti della spettrometria in emissione per l'analisi di acque:

- determinazione simultanea degli elementi;
- possibili determinazioni di metalli e non metalli;
- bassi limiti di rilevabilità (DL = 0,02-50 μg/L);

Il riferimento principale in merito ai requisiti minimi di qualità dei reflui per un possibile riutilizzo è rappresentato dal Decreto del Ministero dell'Ambiente n. 185 del 12 giugno 2003.

Stato di avanzamento del progetto e prospettive future

Le convenzioni stipulate hanno consentito di raggiungere pienamente gli obiettivi reciproci, in particolare per quanto riguarda l'interscambio di dati e la campagna analitica che ha messo in evidenza il rispetto dei limiti previsti dal citato D.M. 185/2003 per il contenuto in metalli.

Tra gli sviluppi futuri si possono elencare:
- la necessità di continuare le attività di monitoraggio descritte, al fine di avere una maggiore significatività statistica dei dati,
- data l'estrema attualità della problematica affrontata, poter applicare lo studio anche ad altre realtà depurative, sia all'interno del Bacino del Reno, che a livello regionale.

2.2 Le Convenzioni con Autorità di Bacino del Reno, ARPA e CER

Dei suddetti progetti, strettamente interconnessi, sia relativamente alla collaborazione integrata tra i

diversi Enti e l'Università, sia per gli obiettivi, è responsabile la Dr. Donatella Pavanelli del Dipartimento di Economia e Ingegneria Agrarie.

Dei 3 progetti ricordati, possiamo definire **progetto madre** quello che vede la collaborazione dell'Autorità di Bacino con il DEIAgra, avviato nel 1996 e sviluppato nel corso degli anni, il quale trova la sua ragione nella richiesta da parte dell'ente istituzionale, preposto alla pianificazione del territorio, di dati e di ricerca applicata.

Dall'altra parte, l'Università è stata in grado di accogliere tali richieste e svilupparle nell'ambito delle proprie competenze di ricerca e formazione delle giovani leve di ricercatori, con l'obiettivo comune di acquisire i dati necessari per una migliore conoscenza dei fenomeni erosivi che interessano il bacino del Reno, estrapolabili a gran parte dell'Appennino tosco emiliano

Il rischio d'erosione in senso lato è un rischio idrogeologico tipicamente evolutivo, ne segue che conoscere i fattori locali consente di fotografare la situazione al presente, predirne l'evoluzione e adottare le pratiche atte al rallentamento del fenomeno.

L'erosione del suolo si manifesta sovente come conseguenza di cattive pratiche agricole, in aree intrinsecamente fragili. Condizioni ampiamente presenti nelle aree acclivi del nostro Appennino, caratterizzate da substrato a litologia argillosa e precipitazioni intense, accompagnate spesso da un uso del territorio inadeguato.

In tempi più o meno rapidi, in funzione dell'intensità del fenomeno erosivo e della predisposizione del territorio, si possono presentare danni, talora irreversibili: i fenomeni erosivi possono interessare gli strati più superficiali del suolo, oppure manifestarsi con erosione profonda, irreversibile, quali i calanchi, i burronamenti, fino ai movimenti gravitativi (Fig. 3).

A livello locale, le principali conseguenze dell'erosione accelerata, sono la riduzione delle caratteristiche di fertilità, di permeabilità e della capacità di trattenere l'acqua da parte del suolo, fino ad arrivare a fenomeni di desertificazione vera e propria.

A scala di bacino e di regione l'erosione del suolo è da mettere in relazione con:
- il peggioramento delle caratteristiche qualitative dei corpi idrici,
- l'eutrofizzazione delle acque,
- l'incremento del rischio idraulico di piene,

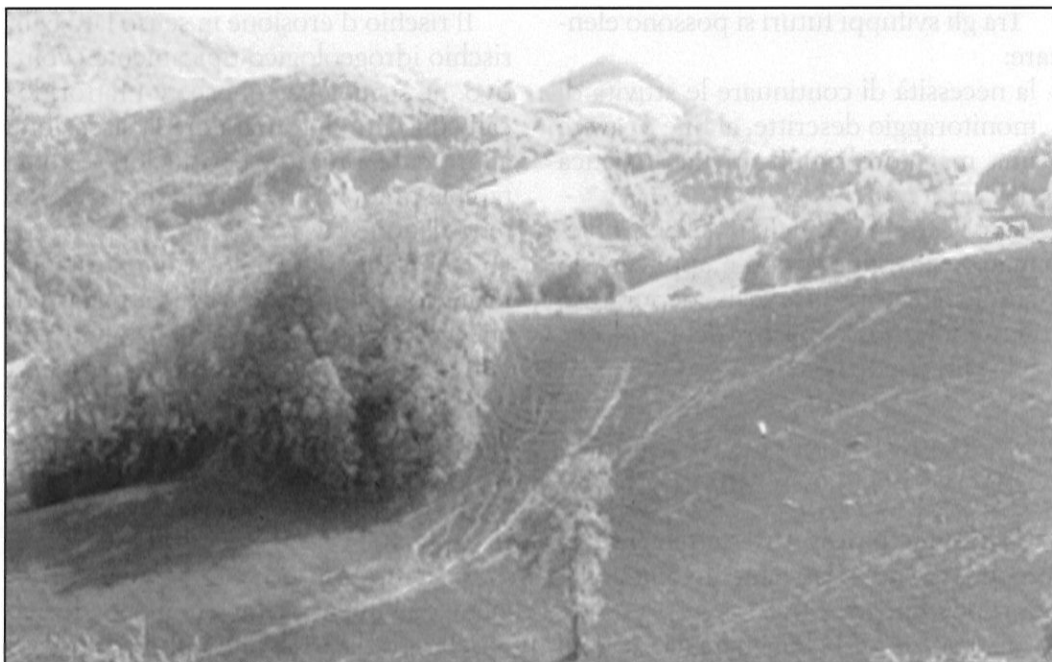



FIGURA 3 – *Erosione incanalata che si forma in seguito a precipitazioni intense su suolo scoperto.*

- l'innesco dei processi di dissesto dei versanti sia superficiali che profondi,
- l'interrimento degli invasi e degli alvei di pianura,
- pesanti conseguenze sulla vita animale e vegetale nelle acque

Se ne deduce l'importanza dello studio del fenomeno erosivo, al fine di fornire indicazioni utili sia a prevenire tale fenomeno nelle zone a rischio, o impedirne l'aggravarsi, sia per dare indicazioni relativamente alla sistemazione dei terreni in erosione

Finalità della ricerca

Il progetto in corso ha consentito di sviluppare fino ad oggi i seguenti aspetti di ricerca applicata, alcuni dei quali immediatamente fruibili da parte dell'ente istituzionale:

- creare la banca dati idrologici del bacino montano del F. Reno. I dati sono messi a disposizione dell'Autorità di Bacino per la realizzazione dei piani di sottobacino del Fiume Reno
- fornire indicazioni utili alla programmazione a livello di bacino relativamente all'uso delle acque superficiali (per esempio il DMV)
- stimare della perdita di suolo a livello di bacino e sottobacino.

Lo studio dei seguenti aspetti è stato avviato in tempi recenti:

- stima del bilancio dei solidi trasportati a mare, nell'ambito dello studio sul ripascimento delle spiagge,

- analisi delle relazioni tra gli agenti inquinanti ed il trasporto torbido.

Nel futuro, in funzione delle sollecitazioni reciproche, si ha in programma di affrontare i seguenti aspetti:

- determinazione del bilancio idrologico e dei solidi a livello di bacino,
- determinazione dei tempi di risposta idrologici per la previsione del rischio idraulico,
- trarre indicazioni relativamente ai fattori che influenzano la perdita di suolo sui versanti,
- fornire gli elementi per individuare interventi sistematori superficiali e tecniche agronomiche idonee al controllo dell'erosione dei versanti.

Breve descrizione del progetto di monitoraggio fluviale

Tra i possibili approcci sperimentali alla quantificazione dell'erosione, a scala di bacino, il più diretto è il monitoraggio del trasporto torbido fluviale; infatti, i solidi trasportati dalla corrente, in particolare quelli in sospensione, sono la risultante dei fenomeni erosivi che interessano l'alveo ed i versanti del bacino, a monte della sezione considerata.

Il trasporto torbido, o solidi sospesi, è per questo considerato un valido indicatore per la stima dei fenomeni degradativi superficiali e profondi. In conformità a tale premessa si sono realizzate e sono operative le seguenti stazioni di rilevamento idrologico-torbidimetrico in continuo:

- T. Sillaro, con un bacino di 137,6 km^2, avviata nell'aprile1997,
- T. Lavino (82,6 km^2), operativa dal settembre 1998,
- T. Savena (168,9 km^2) dall'ottobre 2000,
- dal febbraio del 2003 si è avviato il monitoraggio idrologico del fiume Reno alla foce in Adriatico, presso Casal Borsetti (RA) (Fig. 4).

I torrenti sono stati attrezzati, alla chiusura del bacino montano, con idrometro ad ultrasuoni e campionatore automatico per le torbide, i dati sono trasmessi via modem (Fig. 5).

I campioni sono sottoposti ad analisi torbimetrica, quelli che presentano torbidità elevata sono sottoposti ad ulteriori analisi presso i laboratori di ARPA.

I dati pluviometrici, relativi alle stazioni che insistono sui rispettivi bacini, sono forniti dall'ARPA, ex Servizio Idrografico e Mareografico Italiano (Fig. 6).

I dati idrotorbimetrici sono quindi inseriti nel data base del Bacino del Reno e da qui elaborati ed inviati agli enti istituzionali, in un ciclo virtuoso che vede l'interscambio come base di collaborazione e ottimizzazione delle risorse.

3. Risultati e prospettive

Da quanto sinteticamente detto, emerge la forte integrazione tra l'attività di monitoraggio ed elaborazione dati per fini ambientali e di gestione delle risorse idriche, e le richieste degli enti istituzionali: il ciclo virtuoso prevede la trasmissione e l'interscambio dei dati e delle competenze dall'Università agli Enti e viceversa.

Negli esempi riportati, la raccolta dati per fini ambientali e di gestione delle risorse idriche, consente e prevede tempi differiti rispetto alla loro elaborazioni ed uso.

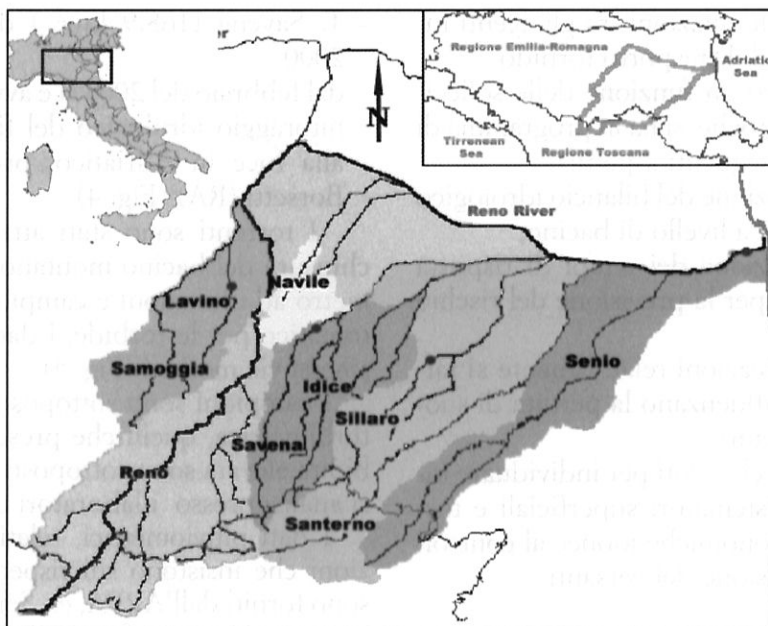



FIGURA 4 – *Bacino del Reno e suoi affluenti principali, i cerchi corrispondono all'ubicazione delle stazioni di monitoraggio idrotorbimetrico.*

FIGURA 5 – *Strumentazione per il monitoraggio fluviale: idrometro ad ultrasuoni a destra, per il rilevamento dell'altezza idrometrica e campionatore di liquidi.*

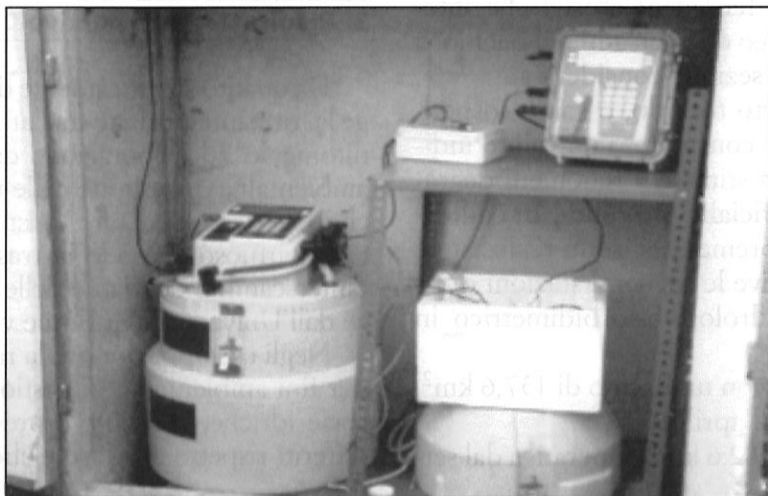
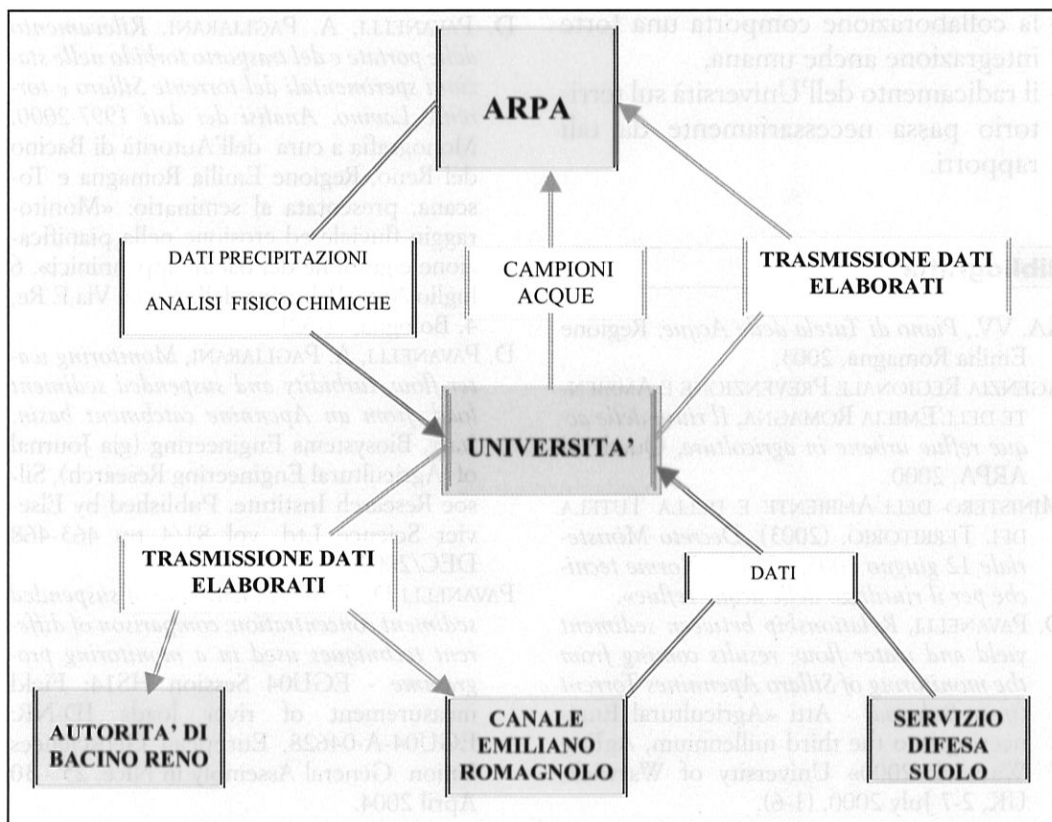



FIGURA 6 – *Schema di flusso delle informazioni ed elaborazioni tra gli Enti istituzionali e l'Università.*

Tuttavia, per un ottimale utilizzo delle risorse e dei dati, è da ricordare che le stesse informazioni potrebbero essere sfruttate anche per la previsione del rischio idrogeologico e di inquinamento ambientale. Un ulteriore sviluppo è quindi legato alla trasmissione in tempo reale delle informazioni, non solo verso il laboratorio universitario, ma anche verso gli Enti, favorendo la condivisione delle misure tra enti diversi in funzione delle rispettive competenze.

L'esperienza maturata, in oltre un decennio di collaborazioni, ci consente di fare alcune considerazioni in merito, che possono essere intese anche come linee guida:

- la ricerca deve poter soddisfare sia le richieste da parte degli Enti sia l'attività di sperimentazione e ricerca che l'Università ha nell'ambito delle proprie finalità,
- la collaborazione deve prevedere obiettivi chiari e condivisibili da entrambi gli enti,

- la collaborazione comporta una forte integrazione anche umana,
- il radicamento dell'Università sul territorio passa necessariamente da tali rapporti.

Bibliografia

AA. VV., *Piano di Tutela delle Acque,* Regione Emilia Romagna, 2003.

Agenzia Regionale Prevenzione e Ambiente dell'Emilia Romagna, *Il riuso delle acque reflue urbane in agricoltura,* Quaderni ARPA, 2000.

Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio, (2003), *Decreto Ministeriale 12 giugno 2003, n°185, «Norme tecniche per il riutilizzo delle acque reflue».*

D. Pavanelli, *Relationship between sediment yield and water flow: results coming from the monitoring of Sillaro Apennines Torrent (near Bologna)* - Atti «Agricultural Engineering into the third millennium, AgEng Warwick 2000» University of Warwick, UK, 2-7 July 2000, (1-6).

D. Pavanelli, A. Pagliarani, *Rilevamento delle portate e del trasporto torbido nelle stazioni sperimentali del torrente Sillaro e torrente Lavino. Analisi dei dati 1997-2000.* Monografia a cura dell'Autorità di Bacino del Reno, Regione Emilia Romagna e Toscana, presentata al seminario: «Monitoraggio fluviale ed erosione nella pianificazione e gestione dei bacini appenninici», 6 luglio 2001, Palazzina della Viola, Via F. Re, 4, Bologna, (1-62).

D. Pavanelli, A. Pagliarani, *Monitoring water flow, turbidity and suspended sediment load, from an Apennine catchment basin, Italy*, Biosystems Engineering (gia Journal of Agricultural Engineering Research), Silsoe Research Institute. Published by Elsevier Science Ltd, vol 83/4 pp 463-468 DEC/2002.

Pavanelli D., Bigi A., *Estimate of suspended sediment concentration: comparison of different techniques used in a monitoring programme* - EGU04 Session HS14: Field measurement of river loads ID-NR: EGU04-A-04628, European Geosciences Union General Assembly in Nice, 25 - 30 April 2004.

Lavoro eseguito nell'ambito del FISR DM 105/2000 MIUR-MiPAF - Progetto «Ottimizzazione a fini irrigui delle acque reflue».

LA RAPPRESENTAZIONE CARTOGRAFICA MARINA NEL TEMPO

Pierpaolo Cagnetti (*)

(*) Direttore Istituto Idrografico della Marina.

Possedere carte nautiche significava essere un po' i padroni dell'universo. Le carte erano talmente preziose da essere custodite come segreti di Stato. Erano strumenti a mezzo tra scienza e stregoneria, chiavi per capire la terra e il mare, mezzi preziosi per appropriarsi del potere economico, per scoprire il mondo, per dialogare con uomini di altre razze, lingue e culture.

La cartografia marina è oggi inscindibile dall'idrografia e dalla navigazione che, una volta fondata sull'esperienza del singolo navigante, è diventata scienza multidisciplinare e veicolo di comunicazione tra Paesi e sistemi culturali diversi. Parlare quindi di idrografia e navigazione significa parlare dell'Istituto Idrografico della Marina.

L'Istituto Idrografico della Marina, Ente della Difesa e Organo Cartografico dello Stato con compiti di produzione, ricerca applicata e formazione, dal 1872 esegue il rilievo sistematico dei mari italiani e produce la documentazione nautica ufficiale. L'area di competenza è di 556.218 Km quadrati di mare e 7.500 Km di coste, ovvero più di 55 milioni di ettari contro i circa 30 milioni della terra ferma... ed è solo la «superficie». La carta nautica è il nostro principale prodotto. Come dicevo, la carta nautica, oggi strumento essenziale per la sicurezza della navigazione, era espressione di conoscenza geografica esclusiva e quindi strumento di conquista e di potere e costituiva un ambito bottino in epoca elisabettiana quando le navi inglesi, che praticavano la guerra di corsa, depredavano le navi avversarie del prezioso corredo cartografico.

Già agli inizi del Cinquecento sia in Portogallo sia in Spagna era stata fondata la «Casa delle Indie», dove si produceva il prototipo cartografico costantemente integrato con le nuove scoperte, protetto dal Segreto di Stato, pena la morte dei trasgressori.

Allo stesso modo, nel Seicento le Compagnie delle Indie e le Potenze marinare, commissionavano la propria cartografia a idrografi di fiducia e ne impedivano la distribuzione all'esterno delle proprie flotte, vincolando i capitani di mare alla riservatezza e all'obbligo della restituzione.

Tale riservatezza determinava la contenuta diffusione non solo del prodotto cartaceo, ma anche delle conoscenze idrografiche: editori rivali, non potendo

accedere al patrimonio nautico così gelosamente custodito, spesso riutilizzavano vecchie matrici acquistate magari all'estero, alle quali apportavano correzioni marginali senza aggiornarne il contenuto idrografico. Solo con lo sviluppo della navigazione internazionale si acquistò la piena consapevolezza della necessità di cartografia affidabile per uso generale, a tutela della vita umana in mare: l'Ammiragliato britannico liberalizzò la vendita delle proprie carte solo nel 1823, di lì a poco imitato dagli enti cartografici di Stato delle altre nazioni marinare.

Per ovvie ragioni il contributo precoce alla storia della nautica e della cartografia è venuto da quei Paesi mediterranei che fin dagli albori delle civiltà hanno legato la propria storia al potere marittimo. Verrebbero subito in mente i Fenici, i Greci, i Romani. Eppure delle civiltà arcaiche e classiche non c'è stato tramandato alcun documento nautico, se si eccettuano i peripli, ovvero descrizioni di viaggi costieri, quasi portolani «ante litteram».

È da sempre questione dibattuta se sia verosimile che quei popoli di conquistatori non abbiano prodotto cartografia o se, invece le loro Carte siano andate distrutte. È comunque un fatto che la più antica carta nautica in nostro possesso è la «Carta Pisana», anonima e non datata ma attribuita alla metà del 1200, così detta perché in origine rinvenuta a Pisa, e poi confluita nella Biblioteca Nazionale di Parigi. E in larga misura di produzione italiana sono le circa 180 carte nautiche dei secoli XIV- XV che ci sono tramandate.

Ma con la navigazione atlantica e con la circumnavigazione dell'Africa le grandi rotte mercantili si spostarono dal Mediterraneo agli oceani, e l'Italia perse il suo primato commerciale, finanziario e cartografico.

Nel 1503 la Spagna fondò la «Casa de Contrataciòn», per amministrare il commercio con le terre d'oltremare, concentrare l'informazione nautica e aggiornare il Padròn real istituto nel 1508, analogo al Padraò portoghese, sul quale venivano registrate le nuove scoperte. Alla carica prestigiosa di sovrintendente della «Casa « furono chiamati i più famosi navigatori e cosmografi del tempo, da Juan de la Costa ad Amerigo Vespucci, nominato «Piloto mayor» nel 1508.

Il 1500 fu il secolo dei «conquistadores» a caccia di fortuna nel Nuovo Mondo, cosicché verso la metà del secolo tutto il territorio a sud del Brasile era in mano alla Spagna. Il re era tuttavia osteggiato nella sua politica espansionistica dall'Inghilterra che mirava a indebolire l'economia spagnola, e poi sfociò nello scontro aperto: nel 1588 l'Invincibile Armada subì attacchi dagli inglesi, che a Calai sgominarono la flotta nemica.

La disfatta segnò l'incipiente decadenza del potere marittimo spagnolo e l'avvento di quello inglese, tuttavia il Secolo dei Lumi produsse anche in Spagna un rinnovato interesse per tali discipline: già nel 1681 era stata fondata a Siviglia la Scuola di San Telmo per istruire i marinai nell'arte del disegno e dell'incisione. Nel 1749 l'attività idro-cartografica venne accentrata nella Direcciòn de Hidrografia alla quale, nel 1790, Josè de Espinosa – esploratore, idrografo e cartogra-

fo – affiancò il Deposito Hidrografico, preposto alla produzione della cartografia di Stato.

Nella cartografia nautica il reperimento del dato è da sempre la cosa più costosa. È ancora dibattuto il sistema di reperimento dei dati del cartografo Ahmet Muhiddin Pìri, noto come Pìri Rè is che nel 1513 produsse una carta del mondo, di cui un famoso frammento è conservato presso il Topkapi di Istambul raffigurante la costa dell'America meridionale. Anche oggi nell'epoca del telerilevamento, il reperimento del dato è la cosa più costosa. Per l'idrografo il telerilevamento si chiama multibeam: un ecoscandaglio multifascio che irradia dallo scafo di navi ed imbarcazioni onde sonore a media/bassa frequenza e...il mare deve essere calmo o poco mosso, la velocità del mezzo non superiore ai 10 nodi e... il mare è grande e, come dicevo, quello che si vede è solo la «superficie». Il reperimento del dato è la cosa più costosa ma i dati in se per se non hanno nessun peso, nessuna consistenza, nessuna valenza se non vengono trasformati attraverso un'analisi rigorosamente scientifica ed una qualificata interpretazione in informazioni utili, tali informazioni costituiscono la base della conoscenza. Conoscenza che nell'ambiente marino, estremamente complesso e dinamico, richiede un costante aggiornamento. Più in generale, la conoscenza del territorio non può prescindere dallo studio dettagliato dell'ambiente marino, è sui fondali dei mari che si scontrano i margini delle placche continentali ed è proprio lì, sotto la superficie del mare che avviene la gran parte dell'attività geologica del nostro pianeta, ed è proprio lì, sotto la superficie del mare che la scienza cerca risposte alla crescente richiesta di vitali risorse per il genere umano.

Tornando alla parte storica della cartografia nautica, vale la pena citare anche se a grandi linee, quello che è stato il percorso cartografico dei principali paesi marinari del vecchio continente e soffermarsi più in particolare sull'Italia e sull'Istituto Idrografico della Marina che da 132 anni assicura la produzione della cartografia nautica ufficiale.

Portogallo

La più antica carta portoghese datata e firmata è del 1492, di Jorge de Agujar uno dei circa quaranta cartografi noti dei secoli XIV e XV, di cui è rimasta memoria solo perché hanno sottoscritto le proprie carte.

Un capolavoro universale è l'Atlante Miller, attribuito al 1519 e passato alla storia con il nome del suo ultimo proprietario prima che il manoscritto confluisse nelle collezioni della Biblioteca Nazionale francese.

Agli anni tra il 1538 e il 1541 risalgono invece gli atlanti nautici di Joao de Castro, viceré dell'India nonché idrografo sommo, in grado di calcolare la declinazione magnetica e di effettuare corrette determinazioni di longitudine che raramente si discostano di oltre 10' da quelle odierne. E cartografi prolifici furono gli Homen, attivi durante tutto il 1500, considerati i più importanti esponenti del Rinascimento cartografico portoghese. Al secolo successivo risalgono

diverse carte manoscritte di Joao Teixeira (ca 1602-1666), «Cosmografo del Re» oggi importanti testimonianze delle rivendicazioni territoriali portoghesi nei confronti della Spagna. A Lisbona veniva fondato, nel 1798, l'Ente idro-cartografico di Stato che cambiò diverse volte denominazione fino alla costituzione dell'attuale Istituto Hidrografico.

Olanda

Il Seicento è per gli olandesi l'«età d'oro», per via di concomitanti circostanze socio-politiche che favorirono benessere economico e rinascita culturale e, di conseguenza, impressero grande impulso all'attività tipografica.

Il settore della geografia e della cartografia vantò una pluralità di autori, le cui splendide incisioni costituiscono esempi superbi di arte grafica. Tra i loro immediati precursori, Mercatore (Gerard Kremer, 1512-1594), Ortelio (Abraham Oertel, 1527-1598), definito «padre della geografia» per aver pubblicato nel 1570 la prima raccolta geografica sistematica, ovvero il *Theatrum Orbis Terrarum* che dava del mondo conosciuto l'immagine aggiornata alle più recenti scoperte ma per l'intero XVII secolo lo scenario cartografico olandese fu dominato dalla dinastia di cui fu capostipite Willem Janszoon Blaeu (1571-1638), nominato cartografo della Compagnia delle Indie Orientali, l'ente paragovernativo che promuoveva e controllava l'espansione territoriale e mercantile nei paesi del Levante. Nello sviluppo della cartografia, non solo olandese, le Compagne delle Indie esercitarono dunque un ruolo determinante: al loro servizio operavano i più famosi cartografi del tempo, oltre ai Blaeu che si tramandarono di padre in figlio tale prestigioso incarico, dal 1730 in poi la V.O.C. si avvalse dell'opera dei van Keulen, che ottennero l'esclusiva delle forniture navali e assolvevano le funzioni che poi sono divenute appannaggio degli attuali Servizi idrografici. Alle navi che non operavano per conto della Compagnia era fatto divieto di esercitare il commercio nei mari dove la stessa praticava il suo monopolio mercantile, e quest'ultimo veniva rafforzato dall'attenta riservatezza con cui la Compagnia proteggeva le proprie carte.

Alla metà del 1700 la produzione complessiva della Compagnia e dell'editoria nautica per uso generale offriva una copertura cartografica e portolanica plurilingue pressoché mondiale, attribuendo pertanto all'Olanda l'indiscusso primato nautico e cartografico.

Pur con l'assunzione dell'attività idrografica da parte della Marina Militare olandese nel 1787, la pubblicazione e la vendita di carte nautiche e portolani rimasero appannaggio dei van Keulen fino al 1848, quando il ministero della Marina, attraverso il proprio Servizio idrografico, iniziò la vendita diretta ma non esclusiva.

Francia

In Francia venne pubblicato nel 1485 il primo portolano a stampa ovvero *Le Routier de la mere et pilotage* di Pierre

Garcie. Erano gli anni in cui Francesco I di Valois, non riuscendo a contrastare l'ascesa di Carlo V, rivolse le proprie ambizioni al Nuovo Mondo e inviò Giovanni da Verrazzano alla ricerca del passaggio di Nord-Est. A lui seguì Jacques Cartier che partì da Saint-Malo nel 1534 e, nel corso di tre viaggi entro il 1541, occupò le terre bagnate dal fiume San Lorenzo, che chiamò «Nouvelle France», di lì a poco registrate sulle carte nautiche prodotte alla scuola cartograficadi Dieppe. Fu questa città della Normandia, la culla non solo della cartografia ma, più in generale, della stessa cultura nautica francese.

Nel frattempo l'Olanda aveva preso il sopravvento ma durante il regno del Re Sole l'attività cartografica ricevette nuovo impulso grazie ad un ristretto numero di nomi, tra cui la dinastia dei Cassini, originari della Liguria di Ponente. La Francia aspirava intanto a conquistare l'egemonia nel Mediterraneo, e la Marina ebbe pertanto ol compito di redigere una carta generale del Mediterraneo, che andò poi a costituire il nucleo iniziale del *Depot des cartes*, fondato a Parigi nel 1720, primo ente cartografico di Stato assoluto.

Inghilterra

In Inghilterra la cartografia nautica si sviluppò, come espressione autonoma, solo a partire dal 1700 in conseguenza dell'egemonia cartografica esercitata dall'Olanda e poi dagli altri Paesi marinari europei, per cui i primi atlanti nautici non furono altro se non riedizioni in lingua inglese di opere prodotte in Olanda ed in Francia.

Di lì a poco Edward Wright, autore del celebrato Certaine *Errers in Navigation* in cui illustrava le applicazioni della proiezione di Mercatore, pubblicò nel 1599 una carta del mondo. Fu probabilmente la prima carta a stampa in proiezione di Mercatore.

Anche se non propriamente un prodotto inglese, è una pietra miliare *Dell'Arcano del Mare* di Robert Dudley che, esiliato dal suo Paese, nel 1605 si stabilì a Firenze dove la sua fama gli valse protezione a Corte e gli consentì di pubblicare nel 1647 il suo monumentale atlante. Con le prime carte a stampa coesistevano e godevano di grande favore, probabilmente perché più resistenti all'ambiente inidoneo della nave, le carte in pergamena della cosiddetta «Thames School» fondata il secolo precedente forse da Sebastiano Caboto. Essa vantò fra i trenta ed i quaranta rappresentanti e produsse, fino all'inizio del XVIII secolo, alcune migliaia di carte a copertura mondiale, comprese le aree più remote.

Intanto nel 1667 gli olandesi, risalito il Tamigi, avevano decimato la flotta inglese, bombardando le vicinanze di Londra: apparve quindi evidente che essi avevano delle acque costiere dell'Inghilterra una conoscenza superiore a quella degli stessi inglesi.

Greenville Collins, ufficiale di Marina, ebbe l'incarico di provvedere al rifacimento dei rilievi e produsse il *Great Britain's Coasting Pilot*, pubblicato nel 1693 e ristampato in almeno dodici edizioni per oltre un secolo.

In campo più specificatamente nautico fu fondamentale la messa a punto, da parte di John Harrison nel 1765, del cronometro marino, che finalmente risolse il problema della determinazione della longitudine. Già nel 1675 era stato fondato l'Osservatorio di Greenwich affinché vi si studiasse l'astronomia nautica per trovarvi soluzione. Intorno alla metà del Settecento, la Marina inglese aveva avviato un programma di ricognizione nel Pacifico: è superfluo ricordare James Cook, mentre Matthew Flinders, tra gli altri, ne continuò l'opera e scoprì, forse per primo, il metodo per correggere la deviazione della bussola sulle navi in ferro.

Italia

Anche in Italia il Seicento portò un rinnovamento cartografico, dopo poco più di un secolo, e accanto ad autori minori emersero nuovi protagonisti come Giovanni Magini, che fu il primo editore di carte dell'Italia prodotte da un italiano; Matteo e Panfilio Vinzoni in Liguria; il veneziano Vincenzo Coronelli, fondatore della prima Società Geografica, gran cartografo e autore prolifico di pregiati monumentali globi terrestri.

Nel 1655 venne fondato, nel Regno di Piemonte, il Corpo della Tipografia Reale che nel 1680 produsse la cosiddetta « Carta di Madama Reale», intitolata alla madre dell'erede al trono, che fu tanto apprezzata da essere stampata per oltre un secolo e mezzo.

Il Settecento, in Italia come d'altronde nel resto d'Europa, espresse un gran numero di cartografi ai quali i diversi Signori commissionavano mappe catastali, carte topografiche, marittime e generali: fra tutti, Giovanni Antonio Rizzi-Zannoni, figura di spicco nello scenario europeo, astronomo e matematico conteso dai governi, prima al servizio degli Austriaci e dei Francesi e poi chiamato dai Borbone a fondare e dirigere, nel 1781, l'Officio Topografico del Regno di Napoli, tra i primi enti cartografici in Europa.

Nel 1796 si stabilì a Milano un ufficio topografico al seguito dell'armata napoleonica, sul modello dell'analogo ente francese, dove operavano tecnici italiani. Dopo l'occupazione francese il Regno di Piemonte fondò il Reale Corpo dello Stato Maggiore Generale che provvide alla copertura cartografica del territorio entro il 1859, mentre il generale Alberto Ferrero della Marmora compilava la carta della Sardegna al 250.000, e la Marina Sabauda produceva atlanti nautici della Sardegna e della Liguria, a opera dell'ammiraglio G. Albini.

I.I.M.

La storia dell'Istituto Idrografico della Marina è la storia dell'idrografia italiana e potremo dire dell'Idrografia moderna nata per l'importanza e la necessità «*...che le più nobili scienze positive che onorano lo scibile umano, l'astronomia, la geografia, la fisica, la meteorologia, concorrono tutte a somministrare i mezzi necessari al marino per poter dirigere con sicurezza e precisione la sua navigazione in qualsiasi circostanza di tempo e di luo-*

go….» Così il ministro della Marina Luigi Federico Menabrea al Re nell'udienza del Senato del 27 aprile 1865.

Nel 1865 l'esistente cartografia nautica del Mediterraneo era disomogenea e inadeguata alle esigenze della navigazione nazionale e internazionale nelle acque di responsabilità italiana. Pertanto il ministero della Marina costituì a Genova, allora sede dell'Ammiragliato, l'Ufficio Dipartimentale Scientifico e, a Livorno la Commissione Idrografica affinché congiuntamente provvedessero alla produzione e distribuzione di cartografia nautica.

Il 26 dicembre 1872 venne finalmente fondato il Regio Ufficio Idrografico della Marina, con piena autonomia amministrativa e operativa, alla stregua degli analoghi enti cartografici europei, sotto la direzione del capitano di fregata Giovanni Battista Magnaghi.

Il proficuo lavoro avviato dalla Commissione, ripreso ed incrementato dall'Ufficio, produsse, in poco più di 30 anni, ben 230 carte nautiche inerenti le acque metropolitane. L'elevata qualità cartografica di quei documenti attesta il valore dell'intensa attività del tempo, il cui merito maggiore, unanimamente riconosciuto, va al fondatore dell'Istituto, il quale, operando fin dagli anni Sessanta a favore dell'idrografia, seppe dare al servizio un'impronta tecnico-scientifica che conserva oggi la sua attualità. La figura dell'Ammiraglio, e di riflesso l'attività svolta dall'Istituto nei primi anni di vita, fu ricordata nella commemorazione funebre (1902) della Reale Accademia dei Lincei, di cui il Magnaghi era corrispondente:»…. *Nel 1872 il Magnaghi fondò, a Genova, l'Ufficio Idrografico della Marina, oggi Istituto Idrografico, organizzando sapientemente tutti i servizi incombenti all'Ufficio e da esso dipendenti. Egli rimase alla Direzione per sedici anni e le diede un impianto seriamente scientifico. La feconda iniziativa da lui spiegata fece sì, che noi possediamo in Genova un istituto Idrografico di primoordine, degno di stare alla pari con i migliori Istituti di tal genere… E con quest'opera ingente non solo egli corrispose ad un imperioso bisogno della navigazione, ma creò la sua scuola di ufficiali idrografi di disegnatori e di incisori, in una specialità che prima non era punto coltivata fra noi*».

A 132 anni di distanza possiamo affermare che concettualmente la missione e i compiti dell'Istituto non sono cambiati e, per assolvere il suo mandato la Marina Militare, dispone di una componente operativa di campagna costituita da tre unità idro-oceanografiche e da due spedizioni, geodetica ed idrografica. Sia le navi sia le spedizioni sono dotate di moderni sistemi di posizionamento radioelettrico e satellitare, in grado di assicurare la determinazione del punto-nave nell'ambito di pochi metri; e della strumentazione scientifica elettronica, atta a raccogliere e elaborare in tempo reale i dati idrooceanografici – dai parametri chimici e fisici della massa d'acqua, alla natura del fondo, ai valori del campo magnetico, ai dati meteo – che vengono archiviati in banche dati e utilizzati per studi ed applicazioni finalizzati a varie tematiche, sia civili che militari.

Un particolare cenno va inoltre rivolto all'attività in Antartide, nel con-

testo del Programma Nazionale di Ricerca, che ha visto fin dall'inizio la presenza continua degli idrografi dell'Istituto impegnati nei rilievi geodetici, topografici ed idrografici in una regione inesplorata: l'attività svolta durante le scorse estati antartiche ha consentito la pubblicazione di due carte batimetriche dell'area prospiciente la base italiana, mentre sono tuttora in corso i rilievi necessari per la realizzazione di due carte nautiche della serie internazionale.

La documentazione nautica prodotta dall'Istituto Idrografico riguarda il Mediterraneo e il mar Nero, con particolare ovvio interesse per le acque metropolitane. È composta di oltre 300 carte, 11 volumi di Portolani, due di Radioservizi, un Elenco dei Fari e di un centinaio di pubblicazioni minori di supporto nautico e a carattere scientifico (astronomico, geodetico, oceanografico).

Il portafoglio cartografico è suddiviso in serie, ciascuna delle quali è caratterizzata dalla scala di rappresentazione e/o da specifici tematismi. Sono in parte realizzate secondo specifiche internazionali emanate dall'International Hydrographic Organization (IHO), al fine di fornire ai naviganti del mondo un supporto cartografico omogeneo, indipendentemente dal Servizio Idrografico produttore.

Nel 1997, l'IIM ha realizzato la prima carta digitale e oggi, di particolare attualità e rilevanza è la produzione di un portafoglio di cartografia elettronica con la quale finalmente il navigante, ha piena conoscenza del dove è in quel momento e non dove era alcuni momenti prima utilizzando la cartografia tradizionale ovvero di carta. Tale strumento diventa indispensabile in considerazione delle sempre maggiori velocità delle navi e dei progetti quali «le autostrade del mare».

In questo contesto, l'IIM tra i primissimi Istituti idrografici al mondo certificato ISO 9001:2000, metterà a disposizione dell'utenza, nel corso del corrente anno, un portafoglio di carte nautiche elettroniche di rilevanza internazionale di ben oltre 100 carte.

Con la consapevolezza che le scienze, nel loro evolvere e diversificarsi diventano sempre più complesse e richiedono un maggior grado di specializzazione per chi vi si dedica professionalmente, per dare concreta risposta a quest'esigenza di maggiore specializzazione, l'Istituto Idrografico della Marina in collaborazione con l'Università di Genova, facoltà di scienze ed ingegneria, ha avviato quest'anno il primo master universitario di secondo livello in Geomatica Marina aperto anche al civile.

La concomitanza di questi due eventi «storici» con l'anno 2004 assume per un Istituto con animo genovese e proiezione internazionale un significato ancora più particolare che ci inorgoglisce e ci sprona a continuare a lavorare per il futuro, aggiungo che il 26 di questo mese, a Milano, nel corso del convegno «PROGETTO GRANDI LAGHI ALPINI LOMBARDI», presenteremo la prima carta prodotta con rilievi interamente digitali a copertura totale e trattamento dei dati interamente computerizzato: La carta nautica del lago Maggiore.

Bibliografia

Paola Presciuttini, *Coste del mondo nella cartografia europea*, Ed. Priuli e Verlucca, 2000.

Luigi Di Paola, *L'Istituto idrografico della Marina: 1872-1972*, Ed. Ufficio Storico della Marina Militare.

Bollettino dell'A.I.C., n. 121-122 / 2004

ACQUA CHE CAMBIA, ACQUA CHE RESTA

TURNING WATER, STAYING WATER

Vittorio Degli Esposti (*), **Filippo Zanni** (*),
(*) Dipartimento di Architettura e Pianificazione territoriale, Università di Bologna.

Riassunto

Quanto può cambiare un territorio nel tempo, conteso nell'eterna lotta tra le acque, naturali dominatrici e modellatrici della superficie terrestre dal momento del loro contatto con essa, e l'uomo che a queste contende il diritto di gestire i luoghi a lui opportuni? Quelli che sono stati e spesso ancora sono i luoghi delle acque vengono ricordati dalle serie di carte storiche tracciate prima da pazienti agrimensori, poi dai militari ed ora, nelle carte recenti, da tecnici specializzati; il confronto della documentazione disponibile racconta quale sia il grado di variabilità ambientale in questo confronto mai finito, in cui a volte vince la natura, a volte l'uomo, ma sempre qualcosa si trasforma.
Le mutazioni del paesaggio in riferimento alla trasformazione del sistema delle acque possono essere anche di enorme importanza – l'uomo, si sa, è molto industrioso – e della forma più antica del territorio forse nemmeno le carte ci possono dir nulla: troppo recenti sono per recare memoria di un lontano passato. A meno che, anche sulle carte più recenti, non resti «scritto tra le righe » quella che era la struttura dell'acqua, mai disegnata: allora, tra i tanti segni riportati sulla carta, si potranno analizzare quelli che raccontano la forma dell'acqua nel tempo antico: questi segni sono i toponimi.
Infine, anche se l'acqua non c'è più, resta a volte la sua impronta, tanto evidente quanto ignorata nella sua genesi; impronta direttamente leggibile o desumibile «per scarto», laddove la contesa tra acqua e uomo non ha lasciato né vinti né vincitori, in una contesa durata più di un millennio.

Abstract

How much can land change over time, caught in the eternal struggle between water, natural dominator and modeller of the earth's surface from the moment of its contact with the latter, and man, who claims the right to control the places most convenient for him? What were, and often still are, places of water are immortalized in a series of historical maps traced first by patient surveyors, then by the military and now, more recently, by specialised technicians; a comparison of the available documentation reveals to what degree the environment can change in this never-ending contest, in which sometimes nature wins and sometimes man, but something is always transformed.
The changes in the landscape deriving from the transformation of the water system may also be of enormous importance – man, as we all know, is very industrious – and not even maps can tell us much about the ancient conformation of land: they are too recent to bear evidence of a remote past. Unless even in more recent maps the former never depicted structure of water may be «read between the lines»: in such a case, among the numerous clues shown on the map we can analyse those that recount the form of water in ancient times: these clues are the toponyms.

Finally, even where water is no longer present its imprint sometimes remains, as evident as its genesis is unknown; a directly legible imprint or one that may be deduced «by process of elimination», where the contest between water and man has left neither losers nor winners, in a contest lasting more than a millennium.

Acqua che cambia... Il Po di Volano a Pomposa.

La documentazione utilizzata per questo studio è ricavata da due documenti cartografici, di tipo parzialmente diverso ma entrambi di buon dettaglio: sono la Carta del Ferrarese del 1814, in scala 1:14.000, e la Carta Tecnica Regionale in scala 1:5.000.

Nell'area-campione sono presenti due diversi tipi-base di insediamento antropico, il primo costituito da case sparse, un tempo dedicate alla residenza agricola assieme ai loro annessi rustici, ed altri edifici destinati a servizi pubblici, in particolare, nell'area di valle e di costa, piccole caserme, Dazi o Dogane, telegrafi e, nella fascia litoranea, capanni costruiti con materiali vegetali. A questi edifici, in parte scomparsi o sostituiti, se ne sono aggiunti in tempi recenti altri, spesso con destinazione residenziale civile.

Il secondo tipo insediativo è formato da edifici agglomerati in forma urbana o proto-urbana, addossati senza soluzione di continuità dei corpi edilizi.

Mentre l'edilizia sparsa è diffusa su tutta l'area esaminata, senza evidenti regole di collocazione sul territorio, i comparti a carattere urbano consentono di identificare allineamenti evidenti, anche a costituire una maglia (Fig. 1), continua su tre lati, in evoluzione verso la chiusura del quarto lato, dove ad un vertice è incardinata l'Abbazia di Pomposa.

È evidente nella figura, in cui si riporta una restituzione sintetica degli aspetti prevalenti della morfologia del luogo, la prevalenza assoluta della superficie costituita da terraferma, rispetto a quella costituita da acqua, nel rapporto di 92% a 8%, considerando la scelta dell'area indipendente dalla presenza dell'uno o dell'altro carattere.

Nella figura, l'edilizia sparsa viene diversamente identificata, a seconda che sia presente al 1814, o compaia in data posteriore a questa.

È lecito porre un quesito, relativamente alla configurazione dell'insediamento: esistono ragioni cogenti che sottendono alla formazione e localizzazione del sistema edilizio, per forma e posizione?

In primo luogo, è percepibile la strutturazione dell'edificato concentrato lungo gli assi viari, identificabili in tal modo quali percorsi-matrice[1]. Le ragioni di tale costituzione devono essere individuate nella storia del luogo natura-

[1] Cfr. G. Caniggia, G.L. Maffei, *Lettura nell'edilizia di base*, Marsilio Editori, 1993, Venezia.

FIGURA 1

to locale. I due elementi sono lo stato di fatto degli organismi urbani alla data attuale e la forma delle terre emerse agli inizi del XIX secolo. Sono immediatamente evidenti le ragioni che hanno condizionato la forma e la collocazione dell'insediamento, che si attesta, logicamente, sopra i tomboli costituiti dalle antiche dune di costa, ora interne al grande sistema delle valli ferraresi e ravennati. Soltanto la parte più recente del complesso edilizio delle case sparse si colloca su aree di bonifica, prima perennemente o temporaneamente sommerse.

Alla stessa data si evince un rapporto tra terre emerse e superfici d'acqua pari a 39% per le prime e a 61% per le seconde, che riportano questi siti a quelli che si possono definire, a buona ragione, i «luoghi dell'acqua» (Fig. 2).

le, in particolare nei periodi precedenti agli estesissimi interventi di bonifica operati su questo territorio tra XIX e XX secolo.

Occorre sovrapporre due elementi cartografici per evincere le cause concomitanti alla costituzione dell'insediamen-

Le zone di valle presentano, ovviamente, diverse condizioni di superficie, alternando aree con presenza di vegetazione palustre ad aree con specchi d'acqua liberi, in una discreta variabili-

FIGURA 2

fica, con andamento nord-sud, relitti dell'antico margine marino, progressivamente avanzato nel corso dei millenni, che ora si attestano all'interno dei vasti territori bonificati e non sono più leggibili sulle carte attuali.

Questo primo sistema è intersecato dal secondo, formato dai sedimenti terrosi lasciati dal Po di Volano nel progredire della foce verso levante, fino allo sbocco in Adriatico; si tratta, in entrambi i sistemi, di terra creata dall'acqua, su cui rimangono ancora visibili nella carta del XIX secolo alcuni paleoalvei in parte interrati ed in parte con un residuale corpo d'acqua (Fig. 3).

tà morfologica. Le terre emerse sono comprese in due sistemi diversi per formazione morfologica, entrambi generati dall'acqua: il primo è costituito dall'affiancamento dei tomboli curvilinei, ben più facilmente visibili su una maggiore estensione cartogra-

Acqua che resta ... Foce del Savio.

1780 – CABREO DELL'ABBAZIA DI POMPOSA

L'ultimo tratto del Fiume Savio scorre attraverso le vastissime pinete di pro-

prietà dell'Abbazia di Pomposa, fino a sfociare nell'Adriatico, non prima di aver formato alcuni meandri, ostacolato nel suo defluire dagli *albaioni*, come venivano chiamate a quel tempo le dune costiere, ricoperte verso l'entroterra da una rada vegetazione arbustiva; il termine deriva dalla parola latina *alba*, con significato di altura. Che vi fosse un discreto sbarramento verso il litorale è attestato, sulle carte analizzate, anche da altri termini che bene descrivono la morfologia ambientale: così sono portati in mappa *montironi*, e *scanni*, ovvero dorsaline che formavano un gradino di risalto tra la spiaggia e i *recessi di mare*, intesi questi ultimi quali depressioni tra le dune che potevano essere allagate durante l'alta marea. Evidentemente la parola «spiaggia» non era in uso, preferendosi nominare le fasce costiere con la parola *alluvione*, indicante i luoghi sabbiosi alternativamente soggetti a diversa condizione, dovuta ad alta e bassa marea. Dove il mare non poteva più arrivare si formava lo *staggio*, relitto marino sabbioso colonizzato da piante diverse, non esclusi i pini ed altre specie arboree (Fig. 4).

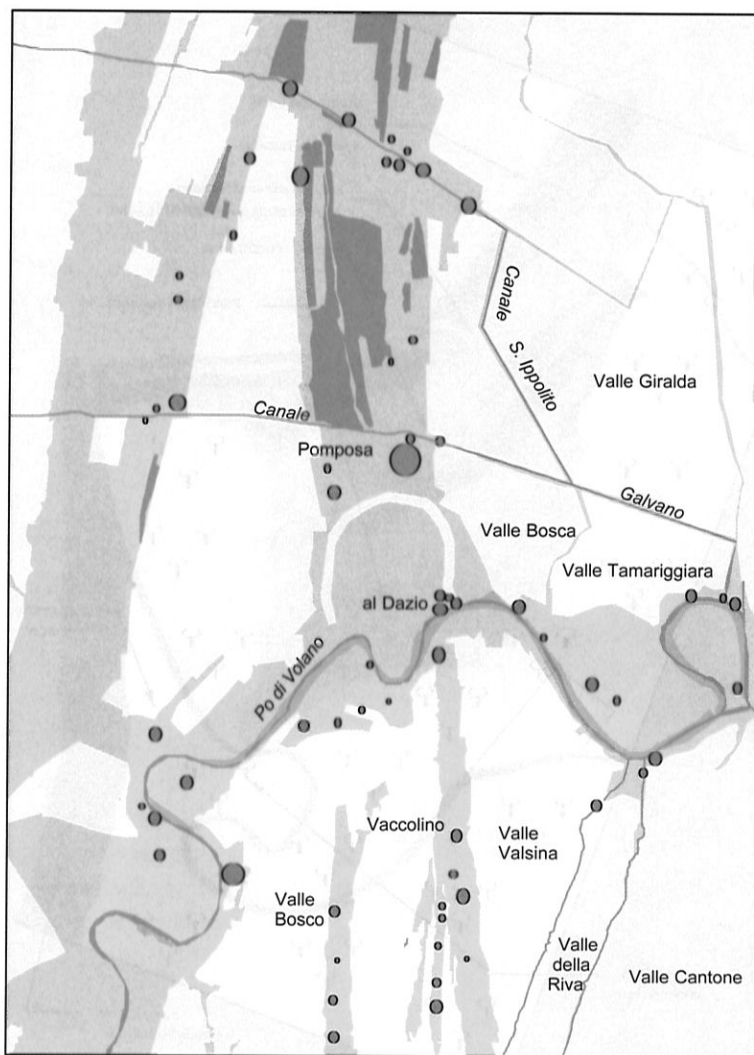



FIGURA 3

FIGURA 4

Le aree un tempo indicate quali *Fondi Bassi* vengono ora denominati Piallasse, né sono distinte nei particolari morfologici, anche per una ben diversa rappresentazione di scala cartografica. L'estensione della pineta si è notevolmente ridotta, tagliata dall'avanzare dei terreni posti a coltura; tuttavia, nel quadro generale delle mutazioni, una cosa non cambia in modo significativo: l'acqua del Fiume Savio, perennemente destinato a fluire seguendo tortuosi alvei, ora come allora.

Completamente diversa, all'apparenza, la direzione dell'ultimo tratto del fiume: tuttavia vi è ragione di credere che il Cabreo del 1780 abbia fortemente distorto la rappresentazione, in quanto un tentativo di georeferenziazione di questa carta ha dato esito negativo, a causa delle deformazioni esageratamente consistenti nella dimensione qui rappresentata.

Compare, su questa carta, la presenza antropica: dove prima vi era solo qualche traccia di coltivazioni, ora sulle aree agri-

1930 – CARTA TOPOGRAFICA IGM

Notevoli e consistenti sono i cambiamenti del paesaggio dopo centocinquant'anni, soprattutto a causa delle estese opere di bonifica condotte nel XIX secolo, ma ancora in corso a questa data.

cole – e anche nella pineta, evidentemente già diradata – sorgono edifici sparsi, destinati alla residenza ed ai relativi servizi connessi all'agricoltura; nella carta, che comprende una superficie di territorio leggermente superiore alla precedente, rientrano i nuclei di Savio di Ravenna e Savio di Cervia, allineati sulla strada parallela alla ferrovia. La maggiore ansa del Savio accoglie un paleo-alveo, evidentemente non tanto antico, datosi che non ve n'è traccia nella carta del 1780; tutta l'ansa viene descritta come boscata. A sud della foce rimane la fascia di vegetazione arbustiva già segnalata in precedenza (Fig. 5).

FIGURA 5

FINO AL 2000 – CARTA TECNICA REGIONALE

L'attuale forma del paesaggio è ulteriormente e significativamente cambiata sulla terra, ma non in modo significativo nell'acqua. La pineta è ridotta ad un'estensione residuale, sostituita in gran parte dai terreni coltivati; le aree incolte, a vegetazione spontanea hanno subìto la stessa sorte.

Sono già evidenti le tracce di consistenti prelievi di materiali di deposito, sabbie, ghiaie e argille, segnati da depressioni nel terreno in cui, in parte, compare una nuova acqua, che fra qual-

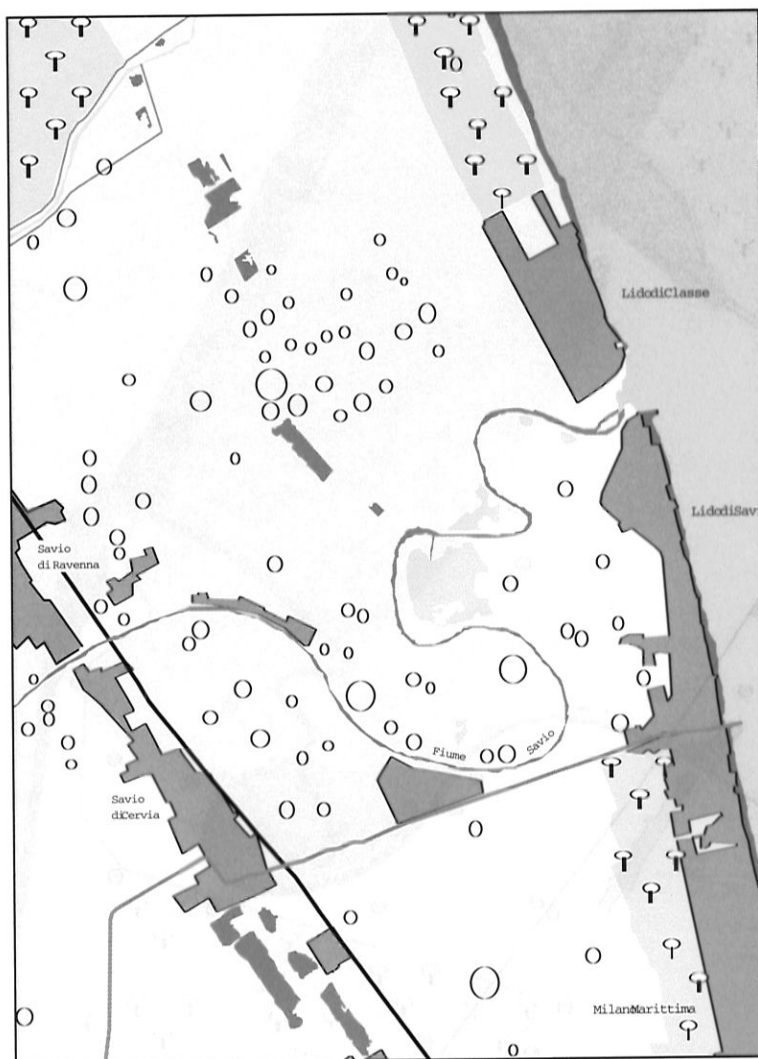



FIGURA 6

che tempo potrà assumere il funzionalistico ruolo di laghetti per la pesca «sportiva», come già è avvenuto in altre parti del territorio regionale.

La più macroscopica ed impattante variazione è tuttavia dovuta all'incremento dell'insediamento, assente nel primo periodo, pari al 0,47% delle terre emerse di edilizia concentrata e con 27 località di edilizia sparsa nel secondo, e al 10,97% in quello attuale, con 86 località di edilizia sparsa; gli incrementi corrispondenti sono pari al 2.235% per l'insediamento concentrato e al 220% per l'edilizia sparsa. Il modello di sviluppo dell'edilizia concentrata è stato quello di aggregazione lungo percorso matrice nell'entroterra, e di occupazione della fascia litoranea sul mare, concludendo con uno sbarramento di edificato continuo il territorio a levante.

Il Fiume Savio non è cambiato più di tanto; anzi, straordinariamente, la forma delle anse è più simile a quelle raffigurate nella prima carta che non quelle della carta intermedia, che fornisce una descrizione del tratto ad anse prima della foce discretamente diversa Fig. (6).

LEGENDA

La zona esaminata è povera di toponimi significativi – pochi sono gli antichi nomi assegnati a vastissime distese palustri e costiere, tutte uguali – e la toponomastica più recente si è limitata ad assegnare agli elementi dell'insediamento sparso i cognomi dei proprietari: manca, quindi, una interpretabilità diffusa della morfologia del passato. I toponimi disponibili sono riferiti alla situazione pedologica di superficie: Sabbioni, Fosso Ghiaia, Ghiarine (dove, non a caso, esiste un'area di escavazione di ghiaia), spiegano quale fosse il tipo dei depositi superficiale dei sedimenti fluviali e marini; Carbonine, ritrovato in un'area di acque vallive, ora bonificata, potrebbe richiamare la presenza di depositi di torba. Stazzone, dal

FIGURA 7A

FIGURA 7B

termine settecentesco *staggio*, documenta un relitto marino, coperto un tempo di vegetazione arbustiva, ma ora bonificato e coltivato.

Più interessante il toponimo Combaretta, attribuito ad un edificio affacciato sulla strada che costeggia il Fiume Savio in prossimità dell'omonimo abitato, rilevato su una carta IGM del 1890. In questo punto la strada, su cui si attesta l'edificio, affiancata all'argine per tutta la sua estensione, se ne discosta con una curva ad arco, proprio laddove il fiume ha un tratto d'alveo del tutto rettilineo, diversamente dal corso precedente e seguente, caratterizzato da strette e profonde anse (Fig. 7a, 7b).

Sembra, quindi, che questo tratto sia stato regolarizzato artificialmente. Potrebbe essere che la curva della strada, in passato, non fosse discosta dall'alveo, e pertanto l'alveo stesso anche in questo punto formasse un'ansa.

E il nome? Mutuato dal latino *cumba*, a sua volta ripreso dal greco kumbe, significa «piccola barca fluviale» e, in questo caso, traghetto. Qui, in antico, si attraversava il Savio.

Bollettino dell'A.I.C., n. 121-122 / 2004

VIE FLUVIALI, TEMATISMO PRIVILEGIATO NELLA CARTOGRAFIA DEGLI ESPLORATORI ITALIANI DELL'AFRICA ORIENTALE: TRA PROPOSTE, POLEMICHE, INFORMAZIONE (**)

WATERWAYS, PREFERRED TOPIC WITHIN CARTOGRAPHY OF ITALIAN EXPLORERS IN EAST AFRICA: AMONG PROPOSALS, DEBATES, AND INFORMATION

Caterina Madau (*) - **Gavino Mariotti** (*)

(*) Università di Sassari

(**) Nonostante il progetto della ricerca e l'impostazione con la ricerca bibliografica siano comuni ai due Autori, a C. Madau sono da attribuire i paragrafi con il numero 1, 2, 4, 7 e a G. Mariotti quelli con il numero 3, 5, 6, 8.

Riassunto

Vengono analizzate le cartografie redatte dagli esploratori italiani dell'Africa Orientale e il loro contributo alla conoscenza geografica delle regioni attraversate dai fiumi Giuba e Uebi Scebeli. Dopo aver esaminato anche il contesto geo-politico del momento storico nel quale si sono svolte le esplorazioni, una particolare attenzione viene riservata al simbolismo del tema «acqua» e all'impatto che la scoperta dell'altrove ha avuto negli esploratori.

Abstract

The aim of this work is to analyze the cartographies drew up by Italian explorers in East Africa and their contribution to the geographical knowledge of the regions crossed by the Rivers Giuba and Uebi Scebeli. After analyzing the Geopolitical context of the historical period where the explorations took place, a special attention is addressed to the symbolism of «water» and to the way the discovery and the representation of the «elsewhere» impacted on previous knowledge of explorers.

1. L'esigenza di cartografare come motivazione della conoscenza geografica

Il continente africano è sempre stato oggetto di una lunga tradizione cartografica, soprattutto europea, orientata inizialmente alla conoscenza del profilo costiero e, solo in un secondo momento, dei principali bacini fluviali, ritenuti vie preferenziali di penetrazione verso l'interno (Casti, 1992). Certo, l'immagine dell'Africa era inficiata da una serie di errori ed incompletezze, arricchita da motivi fantasiosi, da letteratura dell'orrido, nel tentativo di soddisfare l'immaginario collettivo che vedeva essa come terra misteriosa e terrificante, abitata da mostri. Almeno fino al XVIII secolo, la rappresentazione cartografica dell'Africa appare dominata dalla confusione che caratterizzava il disegno del sistema idrografico, attribuibile non solo alla ricostruzione induttiva ed arbitraria operata dai cartografi, ma anche, se non soprattutto, alla difficoltà di conciliare le principali fonti di dati di cui si disponeva: la tradizione tolemaica sull'origine del Nilo[1], i risultati delle prime esplorazioni e le carte dell'Abissinia elaborate nel secolo XV, in seguito alle informazioni dei monaci giunti in Europa in occasione del concilio di Firenze del 1441 (Cusimano, 1986).

Proprio sulla base di queste informazioni il sistema idrografico dell'Africa Orientale è rappresentato con una certa precisione, almeno nei tratti essenziali, nel mappamondo di fra Mauro del 1459, degno di menzione soprattutto per la diversa visione rispetto alla cartografia tolemaica, almeno in alcuni casi, ad esempio relativamente alla conoscenza del sistema idrografico del massiccio etiopico. Al bacino dell'Auasc (chiamato Auasi) è assegnato un grande risalto, con il corso che scende dallo Scioa e si volge con un grande arco verso settentrione, raccogliendo in sinistra le acque dell'acrocoro centrale prima di perdersi nelle paludi del bassopiano, pressappoco all'altezza di Gibuti sul Mar Rosso. Del versante meridionale sono riconoscibili lo Uebi, *flumen Uabi*, l'Omo, *flumen Galla*, e in Eritrea il Mareb, nella sua attuale dizione (Lefevre, 1936).

Tuttavia, l'enorme autorità scientifica di cui godeva il geografo alessandrino, fu d'ostacolo alla diffusione delle nuove conoscenze, perpetuando una sorta di «modello» a cui, com'è noto, la maggior parte dei prodotti cartografici rimase a lungo fedeli.

Soltanto nella metà del XVIII secolo,

[1] La riscoperta e la diffusione della *Geografia* di Tolomeo, com'è noto, avvenne con la traduzione in latino di un manoscritto greco ad opera di Jacopo Angelo di Scarperia intorno al 1406. Il testo greco dell'opera di Tolomeo usato per la traduzione in latino conteneva 27 carte geografiche che però non vennero utilizzate nelle prime edizioni. In queste, l'Africa era rappresentata nella *mappa mundi* e in 4 carte regionali che coprivano l'area settentrionale, dal Marocco all'Egitto. Per quanto riguarda le sorgenti del Nilo, Tolomeo riteneva che il fiume avesse origine da due laghi alimentati da fiumi che nascevano nelle Montagne della Luna, poste in prossimità dell'Equatore. Con tali ed altre inesatte convinzioni dovettero fare i conti tutti i cartografi che, dal XVI secolo in poi, si impegnarono a ricostruire la complessa situazione idrografica dell'Africa equatoriale.

con la revisione critica operata dal d'Anville e portata avanti da tutta la scuola francese, crollò definitivamente la plurisecolare tradizione cartografica intrisa di elementi congetturali, sostituita da una certa prudenza nella rappresentazione dei fatti geografici, invero come conseguenza del diverso significato che, in quel secolo, andava assumendo il viaggio di esplorazione, inteso come «osservazione regolata, come scienza dell'induzione, e arte della descrizione» (Leed, 1992, p. 221). Così, la raccolta dei dati, la registrazione e classificazione degli oggetti, delle forme e degli elementi geografici, l'osservazione scrupolosa dei fenomeni, rappresentarono le motivazioni principali delle spedizioni scientifiche; mentre i documenti di viaggio, le carte e i resoconti, divennero il mezzo principale di diffusione delle nuove conoscenze. L'Africa viene così ad assumere un significato diverso, nonostante l'enigma continui a persistere: resta però confinato all'interno del continente. Gli ampi spazi lasciati privi di simbologia, le campiture in bianco, rappresentano nella cospicua produzione cartografica dell'epoca un'ammissione di non conoscenza, che diviene l'incentivo a completare il disegno della regione ma, ancor prima, ad esplorarla. La non rappresentazione cartografica diviene quindi motivo d'attrazione per l'uomo europeo; la voglia di conoscere e di cartografare è il punto di partenza dei numerosi viaggi di ricognizione organizzati nel XIX secolo, sponsorizzati dalle nascenti Società geografiche, non solo italiane: l'esigenza cartografica diviene quindi una necessità geografica.

2. Le esplorazioni italiane in Africa Orientale

All'interno di questo quadro, non avulso comunque da interessi geopolitici e da mire espansionistiche, può collocarsi l'avvio della sistematica esplorazione italiana in Africa Orientale, con la prima grande spedizione organizzata dalla Società Geografica Italiana nel 1875. Alla fine di quel secolo si chiude anche la fase esplorativa di tipo più tradizionale, per far spazio alle spedizioni specialistiche volte alla conoscenza o all'approfondimento di tematiche particolari (geologiche, botaniche, mineralogiche, ecc), realizzatesi a partire dal primo decennio del secolo successivo. Questi due momenti, per altro, sono carichi di significati politico-diplomatici. Nel primo caso, la spedizione della Società Geografica, al di là dell'interesse scientifico, nasceva da particolari esigenze diplomatiche che avrebbero favorito la possibilità di intraprendere rapporti commerciali con il regno dello Scioa; nel secondo, è l'infausto esito della battaglia di Adua a decidere l'interruzione dei rapporti fra l'Italia e l'Etiopia, quindi a porre fine all'esplorazione sistematica di tipo tradizionale.

È ben evidente che l'interesse degli italiani verso il Corno d'Africa esulasse da motivazioni puramente o strettamente scientifiche; semmai queste, grazie alle ricognizioni che favorivano il progredire delle conoscenze geografiche, trovarono spazio all'interno di un più vasto disegno politico, culminato, com'è noto, con l'avventura coloniale. È opportuno inoltre ricordare che l'esploratore non

era necessariamente un geografo; anzi, nella maggior parte dei casi, i viaggiatori erano al di fuori della cosiddetta, allora, «geografia accademica»; si trattava, per lo più, di geografi non professionisti, spesso aristocratici-avventurieri o militari (Lando, 1993) inviati del governo ma legati soprattutto alla Società Geografica Italiana che, all'epoca, nutriva più interessi politici che accademico-scientifici.

L'acquisto ufficiale della baia di Assab nel 1882[2], e lo sbarco a Massaua nel 1885, immediatamente successivo alla Conferenza di Berlino, aprirono un intenso ciclo di esplorazioni. Molte di queste assegnarono alla rete idrografica un significato particolare ed una funzione politico-strategica specifica, che si vuole richiamare proprio con questo contributo, evidenziando il ruolo che la cartografia delle acque ha svolto nella conoscenza geografica, in senso lato, di regioni su cui si stava, in qualche modo, investendo molto in senso politico, a prescindere dalla considerazione odierna di quelle vicende su cui si può essere, o meno, d'accordo. L'attenzione sarà rivolta ai corsi d'acqua che solcano l'altopiano somalo e tributari dell'Oceano Indiano, il Giuba e l'Uebi Scebeli, poiché ritenuti dai viaggiatori le vie naturali di penetrazione verso l'altopiano etiopico, soprattutto considerata, e sperimentata, la difficoltà di accedervi dalle regioni retrostanti il Mar Rosso. La rappresentazione dei risultati delle esplorazioni dell'Uebi Scebeli e del Giuba, sono così proposti come quadri di riflessione e appunti di lettura cartografica. L'assegnazione simbolica è quindi l'espressione dell'evidente apposizione di nuova territorialità in quella crescente smania di italianizzazione e di mire di conquista che hanno fatto sì che i corsi d'acqua, esplorati e visualizzati graficamente nel disegno cartografico, divenissero base dell'esplorazione mirata. La carta di quelle acque è così divenuta il simbolo certo della nuova penetrazione politica.

Appare comunque utile, in questo contesto, delineare, sia pure in maniera sintetica, il paesaggio idrografico entro cui si snoda il percorso dei due fiumi tributari dell'Oceano Indiano e drenanti l'altopiano etiopico. Ciò facilita sia la comprensione del quadro delle vicende esplorative oggetto di nostro interesse, sia la conoscenza dei problemi, ambientali e geografici, che hanno in qualche modo determinato fuorvianti interpretazioni in merito al deflusso dei due fiumi su cui si sono imbastite ipotesi perpetuatesi nel tempo.

3. Il paesaggio idrografico di quell'altrove: un difficile quadro di riferimento geografico

Dal punto di vista idrografico gli altopiani etiopico e somalo costituiscono un sistema particolarmente importante nonostante prevalga il regime torrentizio dei corsi d'acqua, agevolato dalla scarsezza

[2] La baia di Assab era stata già acquistata nel 1869 dall'armatore genovese Rubattino in seguito alla trattative condotte dal missionario Giuseppe Sapeto, agente per conto della compagnia di navigazione (PIGLI, 1935).

delle sorgenti e dalla notevole aridità del suolo, che determina sovente, specie nelle pianure marginali alle aste drenanti, delle esondazioni improvvise. Nel corso inferiore le acque scompaiono spesso dalla superficie, scorrendo comunque nel terreno come si trattasse di drenaggio sotterraneo ed infatti possono essere reperibili mediante pozzi a non grande profondità. Per quanto riguarda la lunghezza dei corsi fluviali, essendo lo spartiacque spostato ad oriente, l'altopiano etiopico convoglia la maggior parte delle acque al Mediterraneo attraverso il Nilo, con fiumi che descrivono ampie tortuosità e spesso scorrono incassati in gole profonde, mentre quelli del versante opposto, tributari del Mar Rosso, sono caratterizzati da valli brevi e selvagge soprattutto nei tratti iniziali. L'altopiano somalo drena invece le sue acque verso l'Oceano Indiano con due importanti corsi fluviali, il Giuba e l'Uebi Scebeli. Il secondo rappresenta il fiume più importante dell'Africa Orientale, sia per lo sviluppo lineare della sua asta principale (2488 km), che per l'ampiezza del suo bacino idrografico (circa 200.000 kmq). Le sue sorgenti si rinvengono a 2680 m di altitudine, nell'acrocoro etiopico, a nord di Irgalem; con percorso tortuoso, ricco di salti, incanalato in una stretta gola, si dirige quindi verso N-E prima di virare di 180° circa e ricevere le acque di alcuni tributari, per attraversare poi una regione estremamente arida dove gli affluenti riescono a raggiungerlo solo nel periodo delle piene. Taluni di essi, pure lunghissimi, come il Fafan, si inaridiscono prima di raggiungerlo, lasciando il letto vuoto soprattutto nel suo basso corso. Da Calla Fo, il fiume diviene spesso pensile e perde acque per i numerosi diverticoli che si dipartono dal suo tualweg. Giunto alle spalle di Mogadiscio, dopo un'ampia voluta che disegna un semicerchio aperto ad occidente, un cordone di dune litoranee gli impedisce lo sbocco diretto nell'Oceano Indiano, e va a perdersi in una zona paludosa, che diviene il ricettore finale, a breve distanza dal Giuba. Quest'ultimo, lungo 2425 km, è formato dall'unione del Ganale Doria, con il Daua Parma. Il Ganale Doria è a sua volta formato dal Ganale Gudda, che trae origine dai monti dei Sidamo. Corre tortuosamente in un letto roccioso, interrotto più volte da cascate ed è accresciuto a sinistra dall'Uelmal; procedendo a S-E s'impoverisce d'acqua ma è subito raggiunto dall'Uebi Gestro e nei pressi di Dolo confluisce con il Daua Parma. Da questa località il fiume è detto Ganana e corre in direzione meridiana toccando Lugh, che circonda con un caratteristico meandro. Raggiunta Bardera diviene navigabile nonostante l'elevata tortuosità che caratterizza questo percorso terminale e sfocia nell'Oceano Indiano, nei pressi di Chisimaio.

4. La risalita del Giuba: tra cartografia, geografia e geopolitica

La ricerca di vie agevoli attraverso le quali raggiungere dalla costa il vasto e appetibile altopiano etiopico, motivò l'interesse di numerosi viaggiatori, italiani e stranieri, verso il fiume Giuba, fin dalla metà del secolo XIX. La bibliografia attribuisce al padre Leon des Avan-

cheres, missionario dell'ordine dei Cappuccini e Vicario apostolico dei Paesi Galla, il primo tentativo – fallito – di risalire il Giuba, e al barone tedesco C. Clauden von der Deken la non facile impresa di aver percorso il suo tratto terminale, nel 1865, fino a Bardera, dove, insieme ai suoi uomini, fu trucidato. Vittorio Bottego, il capitano fautore del successo dell'impresa esplorativa italiana nel 1892-93, annovera ben undici spedizioni precedenti alla sua, organizzate con lo scopo di esplorare il Giuba, che non sortirono risultati positivi (Bottego, 1894, p. 235). Certo è che da questi tentativi si dovettero ricavare le informazioni necessarie per la redazione dei primi documenti cartografici, dove l'andamento del fiume, almeno nella sua parte terminale, appare rappresentato con precisione. E se le informazioni sul medio corso erano per lo più desunte da notizie fornite dagli indigeni, quindi spesso fallaci, o mal comprese, solo per induzione si ponevano le sorgenti nella regione abitata dagli Arussi. Più discutibile, invece, la rappresentazione del tratto superiore, la cui conoscenza era avvolta ancora da tanta incertezza, invero alimentata da diverse ipotesi tradotte anche cartograficamente, fra le quali, la più accreditata, riteneva che il Giuba fosse la prosecuzione del fiume Omo[3]. Certo è che i dubbi sull'effettivo corso del fiume ebbero vita assai breve, almeno se rapportati ad altri corsi d'acqua africani, giacché trovarono rapida soluzione grazie ad alcune congiunture politiche che favorirono la sua esplorazione. La ricognizione geografica e la conoscenza cartografica del fiume Giuba, infatti, sono profondamente legate alla storia politica e diplomatica dell'espansione coloniale in Africa Orientale, non solo italiana. E se ragioni politiche, piuttosto che geografiche, ne motivarono la completa esplorazione in tempi così rapidi, la sua corretta rappresentazione cartografica può rientrare nel processo di formazione della Somalia come entità geopolitica. Ricognizione geografica, interesse politico, appetiti economici, corretta rappresentazione cartografica, nuova geopolitica, hanno un comune denominatore: l'esigenza di tracciare i confini delle aree di influenza tra i diversi Stati contendenti: Italia e Inghilterra. La conoscenza del corso del fiume s'impose allora con urgenza dopo la stipulazione del protocollo italo-inglese del 24 marzo 1891, che sancì i nuovi confini stabilendo (art. 1) che la linea di demarcazione avrebbe dovuto seguire, partendo dall'oceano, il tualweg del fiume fino al 6° di latitudine nord: Chisimaio e il territorio alla destra del fiume (l'Oltre Giuba) rimaneva all'Inghilterra[4].

[3] Ipotesi, questa, avanzata già alla fine del 1600 dall'orientalista tedesco J. Ludolf e rispolverata ben 287 anni dopo, in seguito ai risultati di una spedizione austro-ungarica (Magri, 1968).

[4] Nel 1925, dopo lunghi negoziati, durante i quali si dibatté di questioni inerenti soprattutto alle vie di comunicazione, pascoli e abbeverate, l'Oltre Giuba fu compreso all'interno dei confini italiani in conformità dell'articolo 13 del Patto di Londra. La nuova frontiera fu tracciata nella carta «Jubaland» allegata all'atto di cessione e ritenuta priva del valore pratico indispensabile per la determinazione dei punti sul terreno (Attuoni, 1953).

Quindi, voltando ad ovest, doveva seguire il 6° parallelo fino al 35° meridiano est di Greenwich da cui, su questo meridiano, raggiungere il Nilo Azzurro. Si trattava però di una delimitazione di massima, suscettibile di eventuali rettifiche una volta accertate le condizioni idrografiche e orografiche di quelle regioni che, alla data della firma del protocollo, erano pressoché totalmente inesplorate.

Almeno fino ai primi anni novanta del secolo diciannovesimo, infatti, l'attività esplorativa in questa parte del Corno d'Africa, era limitata alla fascia costiera con qualche breve escursione verso le regioni più interne, controllate dai popoli rivieraschi, sempre vigili ad ostacolare, se non impedire, la risalita del fiume.

Il progetto predisposto dal Bottego, «istruito» proprio sulla base della questione diplomatica aperta attorno ai confini fra area d'influenza italiana e inglese, avvallato e finanziato dal governo Crispi e dalla Società Geografica Italiana, era finalizzato alla determinazione del corso del Giuba e dei suoi affluenti, alla conoscenza della generale conformazione del bacino, delle condizioni climatiche, delle produzioni agricole e delle possibilità di miglioramento di queste ultime. Siamo qui nelle generalità degli obiettivi. Che la geografia, o meglio talune attività di tipo geografico, fosse comunque al servizio dell'imperialismo, si evince dalla lettura di un passo della prefazione del progetto del Bottego e sottoposto all'attenzione del Presidente del Consiglio Crispi, com'è noto, convinto colonialista: «.....*All'Italia, nella cui sfera d'influenza politica è compresa la maggior parte di quell'estesa plaga del Continente Africano, incombe il dovere morale di compiere l'esplorazione (....). Con ciò verremmo ad avere, su queste regioni, il non trascurabile diritto di possesso, che è conferito dalla priorità dell'esplorazione*» (p. 7).

Da qui ai vantaggi economici che sarebbero derivati alla Madre Patria il passo era breve. Il fatto stesso di accertare la navigabilità del fiume avrebbe consentito, oltre alla possibilità di accedere all'altopiano etiopico evitando le difficili vie interne e, soprattutto, le bellicose popolazioni indigene, di far affluire le merci e le produzioni dei paesi Galla e Somali verso le città controllate dall'Italia, sull'Oceano Indiano. In questo quadro che denota il clima politico generale dominato dalla competizione tra le potenze europee dell'epoca, s'inserisce l'attività di conoscenza geografica e la produzione cartografica di quelle regioni, non ancora esplorate.

Al Bottego va quindi il personale merito del successo dell'impresa esplorativa (certo grazie alla mobilitazione di istituzioni, diplomazie e governi), di cui potè avvalersi la cartografia geografica del periodo (carte generali dell'Africa) che, negli anni precedenti alla sua spedizione, perfettamente in linea con lo stato delle conoscenze, si limitava a riportare il fiume unicamente nel suo tratto terminale.

5. La missione di Bottego, esempio, anche, di ricognizione cartografica

La missione, condotta nel periodo compreso tra il settembre del 1892 e il settembre dell'anno successivo, eseguì la

ricognizione di tutto il corso del Giuba e dei suoi due più importanti affluenti, il Daua e l'Uelmal (o Ganale Diggò) all'epoca ancora inesplorati. Gli itinerari percorsi furono rilevati con la bussola e furono fissate, con osservazioni astronomiche, le coordinate dei punti più importanti. Complessivamente furono scoperti sedici corsi d'acqua, più o meno importanti, che concorrono direttamente o indirettamente a formare il Giuba e furono rilevati i punti di confluenza[5].

Il bacino idrografico, unitamente alla più vasta regione che lo contiene, fu rappresentato nella carta «L'esplorazione del Giuba» stampata in scala 1:4.000.000, redatta nel 1894 e allegata al volume *Il Giuba esplorato* (Bottego, 1894). Si tratta di una «Carta d'insieme disegnata alla scala 1:1.000.000» pubblicata dalla Società Editrice Nazionale di Roma che rappresenta l'intero Corno d'Africa. Le dimensioni della carta sono assai contenute, il campo del disegno è chiuso da una doppia cornice che contiene la suddivisione dei gradi di longitudine e latitudine, mentre nella cornice interna compare un'ulteriore partizione in tacche di 20 primi ognuna. Un quadrettato di 2 gradi di lato consente con precisione di eseguire il calcolo delle coordinate. Ovviamente il disegno del fiume, ma non solo, risente della necessaria approssimazione che deriva dalla scelta della scala, anche se ciò va a favore della completezza del sistema idrografico, grazie alla visione d'insieme così acconsentita: il Giuba compare con i suoi principali tributari di destra e di sinistra unitamente alla straordinaria variabilità idronimica che ne caratterizza il tronco principale, Ganale Gudda, Ganale Doria, Ganana, Giuba[6].

[5] La spedizione seguì il seguente percorso: partì da Berbera, sul Golfo di Aden, e attraverso la regione Ogaden raggiunse il fiume Uebi Scebeli a Imi; si diresse quindi verso occidente, superando la ancora inesplorata catena degli Aúdo, spartiacque tra il bacino del Giuba e quello dello Uebi Scebeli. Il valico del sistema orografico condusse all'insieme di affluenti di sinistra del Giuba: l'Ueb Gestro (la cui affluenza nel Giuba fu accertata dalla successiva spedizione Ruspoli), l'Ueb Mana, quindi l'Uelmal, che nel suo tronco superiore è denominato Ganale Diggo (piccolo). Fu risalita la valle di questo per giungere, guadando il fiume, nell'altopiano dei Cormoso da cui la spedizione raggiunse e identificò, grazie alle informazioni indigene, il ramo principale del Giuba, il Ganale Gudda (grande). Dopo averne esplorato l'alto corso, fino alle sorgenti, si diresse verso il Daua, importante tributario di destra, esplorato nell'alto corso dal Bottego, e nel medio e basso corso, fino alla confluenza nel Giuba, dal vice capo della spedizione Matteo Grixoni. La spedizione guidata dal Bottego proseguì la ricognizione del ramo principale fino alla confluenza del Daua a Dolo, dove il fiume, muovendosi in un letto molto ampio muta il suo nome in Ganana e forma un vistoso meandro che aggira la località di Lugh; da qui proseguì fino a Bardera, dove il fiume fu abbandonato per raggiungere Brava sull'Oceano Indiano (Cfr.: BOTTEGO, 1894 e carta degli itinerari percorsi allegata all'opera *Il Giuba esplorato*, 1895).

[6] Nel cartiglio, posizionato sull'angolo di S-E della carta, oltre all'editore e ad altre titolazioni rispetto a quella centrale in alto, esterna alla cornice, «Il Giuba ed i suoi affluenti - Esplorati dalla spedizione del Cap. Vittorio Bottego inviata dalla Società Geografica Italiana - settembre 1892 - settembre 1893», è riportata la scala, grafica e numerica, ed una semplicissima legenda con l'itinerario e i «limiti delle zone» di influenza europea della regione. Due campiture forniscono invece informazioni di carattere geografico con una suddivisione, molto generica, presumibilmente approssimativa, del territorio in base alla tipologia di copertura del suolo e al carattere di sedentarietà delle popolazioni presenti.

FIGURA 1 - *Lo stralcio della «Carta del Giuba e dei suoi affluenti», verso l'Oceano Indiano.*

Il perimetro costiero del Corno appare ben delineato e arricchito da informazioni di carattere orografico-morfologico, in cui la variabilità tra le forme disegnate sembra essere dovuta piuttosto allo sviluppo vero e proprio della forma cartografata anziché ad una diversa tipologia di elemento fisico rilevato. Su questo, presumibilmente, può aver influito il tipo di simbologia utilizzata, allora diffusa, il lumeggiamento dall'alto con luce proveniente da nord-ovest, con cui sono stati, per altro, delineati anche i sistemi montuosi interni, rendendo di facile e intuitiva evocazione l'andamento di pianoro inclinato dei monti somali ed etiopici laddove l'espressività del disegno porta a fare emergere, in maniera ancora più efficace, i tagli, le gradonate, le incisioni operate dalle acque fluenti, ecc.

Nella carta si riconoscono sostanzialmente due settori: il primo, molto ricco di informazioni soprattutto fisiche, mette in evidenza la forma che prevale in quelle regioni, rilievi, piccoli e grandi, a sommità tabulare e con i fianchi di solito molto inclinati sia pure con chiusura arrotondata verso l'alto e verso la base; il secondo è relativo a quelle regioni in cui il «campo lasciato in bianco», come si è prima accennato, denota proprio una scarsa, se non assolutamente inesistente, conoscenza di luoghi che corrisponde, se si esclude la fascia costiera, a tutto il cosiddetto Corno, dal Golfo di Aden fino ai piedi del monte Kenia. Un disegno interrotto solamente dai corsi d'acqua dei sistemi del Giuba e dell'Uebi Scebeli, di cui appare rappresentata la fascia rivierasca per una profondità variabile da punto a punto, l'itinerario della spedizione, i confini politici o tra popolazioni, Galla e Somali, con una toponomastica che, invece, vista la scala utilizzata appare assai nutrita. Nel primo settore quindi, la ricchezza del disegno cartografico è notevole e pur essendo soprattutto di tipo orografico-morfologico, denota i caratteri strutturali della regione, specie lungo i bordi dell'altopiano, che talvolta appare come una barriera allungata e ininterrotta, altre volte è invece frastagliata e minutamente aggredita da una miriade di incisioni fluviali, ad esempio nel cosiddetto acrocoro.

Una carta, quella della spedizione Bottego, in cui la sintesi geografica permessa dalla scala utilizzata, che non può ovviamente consentire informazioni localizzate, sembra rimarcare vieppiù il sistema idrografico quale unico raccordo tra la costa oceanica e i rilievi interni. Certo non si può cogliere, nel documento, per questi stessi motivi, il dettaglio della rappresentazione idrografica e capire come le acque possano aver influito nel disegno della minuziosa articolazione delle sponde fluviali né, tanto meno, i sui caratteri. Consente però di osservare con una straordinaria capacità evocativa la funzione ed il ruolo esercitato dai fiumi su tutto il territorio rappresentato, che appare l'unico motivo di modellamento geomorfico presente e l'elemento di rivitalizzazione antropica rilevante. Tutto sommato, questa carta, per un lettore che non conosce e non ha mai visitato quelle regioni, rende perfettamente plausibile l'idea dominante allora delle vie d'acqua come direzioni di penetrazione privilegiata o facilitata verso l'interno, facendole apparire, addirittura, come le uniche possibili. Ai tempi in cui la carta è stata redatta, si era ben lontani dalle moderne tesi mobiliste della crosta terrestre e la teoria della dinamica delle placche non era stata ancora elaborata. Nonostante la regione cartografata comprenda anche quella dei grandi laghi (Rodolfo, Stefania, ecc.), ed il Monte Kenia, in pratica una buona parte della fascia del cosiddetto Rïft Orientale, a partire dal Golfo di Aden, non ci sono evidenze particolari, di tipo morfologico, che lascino presupporre il rilevamento di questa, ad oggi, ben nota e caratteristica struttura. Ci sono però, ad esaminare a fondo il disegno, degli indizi di tipo geomorfologico che portano ad ipotizzare la presenza di strutture lineari che sembrano essere orientate secondo direzioni prestabilite, lasciando intravedere l'embrione di quella che poi sa-

rà la depressione orientale con i segnali del distacco crostale del Corno d'Africa e la sua spinta verso oriente. Una morfologia che sui grandi lineamenti, o meglio alla scala regionale, appare assai ben delineata dall'estrema semplicità del tratto e dalla povertà simbolica utilizzata dal cartografo che ha scelto, tra i motivi a disposizione da poter evidenziare, il rapporto fiume/orografia richiamando con forza le due componenti essenziali della geografia di quella parte d'Africa. Le forme del suolo assai marcate dalla struttura e dall'erosione lineare operata da fiumi, sembrano voler esporre questo gioco simbolico in un quadro di riferimento territoriale laddove esse dominano il contesto, tra simbolismo e campi bianchi, ma anche fornendo un chiaro messaggio di uno dei caratteri ambientali dominanti, per chi, di quei luoghi, non aveva percezione: la ricchezza espressiva delle forme in un grafismo pressoché inesistente, rimarcandone l'attenzione e giocando, con persuasione occulta, sul messaggio da far pervenire a giustificazione, forse, di ciò che, umanamente, economicamente e politicamente, sono costate le missioni di esplorazione di quelle poche vie d'acqua. Le uniche, tutto sommato, allora possibili e percorribili.

6. La «Frontiera italo-etiopica» e la cartografia del Giuba

Rientra, in questo quadro di discussione, anche la carta alla scala originale 1:100.000 ma ridotta per la stampa al 500.000, prodotto finale della missione per la frontiera italo-etiopica, compiuta nel 1911, finalizzata a delineare e tracciare fisicamente i confini tra i territori di competenza italiana ed etiopica. I confini della Somalia italiana, infatti, fino al 1908, erano rappresentati da una linea ideale che partiva appena più a nord di Bardera e, mantenendosi parallela alla costa, raggiungeva l'Uebi Scebeli e quindi il confine anglo-etiopico. L'Italia dal canto suo aveva tutti gli interessi affinché all'interno della sua area di competenza rientrasse anche Lugh, importante emporio commerciale sul Giuba. Le trattative tra il governo italiano e il negus Menelik condussero alla stipulazione di una convenzione, basata, in linea generale, sul rispetto delle divisioni etnografiche di tribù e sulle uniche informazioni fornite dalle carte allora disponibili (Attuoni, 1953). La convenzione stabiliva che la frontiera fra i possedimenti italiani e le province dell'impero etiopico dovesse partire da Dolo sulla confluenza del Daua con il Ganale e dirigersi verso est per le sorgenti del Maidaba, fino all'Uebi Scebeli, seguendo i limiti territoriali fra la tribù dei Rahanuin (alle dipendenze dell'Italia) e tutte le tribù a nord di questa (alle dipendenze etiopiche). Dall'Uebi Scebeli la linea di frontiera avrebbe dovuto dirigersi verso nord-est mantenendosi a 180 miglia dalla costa, così come voluto dall'imperatore Menelik e accettato dall'Italia nel 1897[7].

La spedizione, comandata dal capita-

[7] Tutta la regione dell'Ogaden restò così di competenza etiopica.

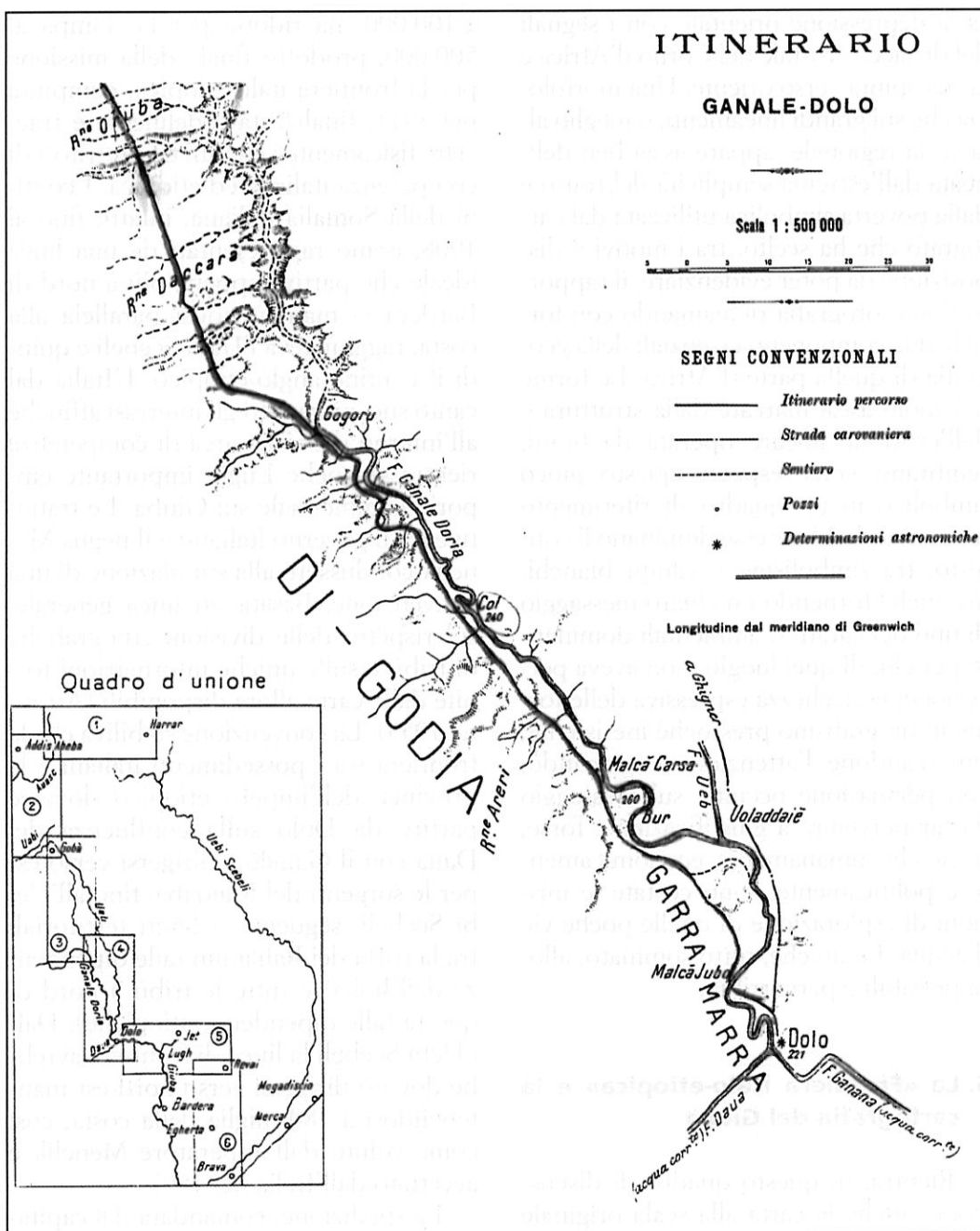



FIGURA 2 - *Il Foglio 4 della carta rilevata dalla spedizione Citerni con il corso del Ganale Doria in tratteggio.*

no Citerni, giunse a Dolo sul fiume Giuba da dove, secondo quanto disposto dalla convenzione, doveva partire la linea di confine. Qui fu pertanto eseguita una determinazione astronomica di latitudine, longitudine e azimut e misurata una base di 3100 m che servirono da appoggio alla catena di triangolazioni attraverso tutta la linea di confine la quale, a sua volta, divenne base di partenza per un regolare rilievo delle regioni circostanti alla scala 1:100.000. Alla fine della missione, risultava rilevata un'estensione territoriale di ben 1600 kmq ad una scala che, tutto sommato, può essere considerata di dettaglio, per altro da una scuola topografica (l'Istituto Geografico Militare Italiano) che ormai vantava una lunga e qualificata esperienza derivata dal rilevamento della carta topografica d'Italia iniziata proprio dalla suddivisione del territorio in fogli alla scala 1:100.000. Oltre al rilevamento della zona di confine la missione portò, come importante contributo cartografico, l'itinerario rilevato alla bussola alla scala 1:100.000 di tutto il percorso seguito (da Dirè Daua ad Addis Abeba e di qui a Dolo e dal confine a Brava) per complessivi 2000 km circa[8] (Mori, 1912). Tale itinerario è riportato su sei fogli: i primi due sono destinati alla rappresentazione del percorso Harrar – Addis Abeba – bacino dell'Auasc; i fogli da 3 a 5 contengono l'itinerario che segue il corso del fiume, il quale diviene così l'elemento geografico più importante e il motivo simbolico strutturante la rappresentazione. Nello specifico (foglio 3) è rappresentato l'Uebi Mana (tributario di sinistra) del Giuba fino alla confluenza nel Ganale Doria che, disegnando una valle incassata giunge fino a Dolo (foglio 4), dove arricchisce la sua portata per mezzo della confluenza del Daua e muta il suo nome in Ganana (foglio 5).

Si tratta comunque di una produzione cartografica di rilievo per il dettaglio della rappresentazione (nonostante la contraddizione, quindi, la scala) che però va vista in relazione agli scarsi elementi geografici che vi sono riportati, se si esclude l'apposizione denominativa, con qualche, ma rara, traduzione col corrispondente italiano, laddove il simbolismo è relativo a quegli unici segni convenzionali riportati nella legenda essenziale. Di fatto, la carta è davvero un prezioso documento per lo studio del popolamento delle regioni attraversate e per ricavare altre informazioni concernenti la geografia umana, come le coltivazioni e i limiti tra esse. Il disegno cartografico vero e proprio, comunque, si definisce nella rappresentazione del rilievo e nel dettaglio con cui sono riprodotti i corsi d'acqua intercettati, e i loro affluenti.

Pur ricorrendo a tratti grafici elementari, il quadro delle forme che il rilievo assume in prossimità soprattutto delle sponde fluviali, le quali a loro volta appaiono di una chiarezza esemplare, è fortemente realistico: tale viene reso

[8] L'itinerario fu appoggiato oltre alle determinazioni astronomiche di Harrar, Addis Abeba, Dolo e Brava, a numerose altre, intermedie, determinazioni assolute di latitudine e longitudine (una ogni 100 km circa).

dalla capacità espressiva che si è riusciti ad imporre al documento. Sembra quasi una gara tra simbolismo orografico e idrografico, volta a chiarire in dettaglio aspetti e forme, nel caso dell'orografia, e caratteristiche e comportamenti legati alla dinamica idrologica, nel caso dei fiumi.

Degna di menzione, ad esempio, la rappresentazione del Ganale Doria (nel foglio 4) quando nei pressi di Bander a 285 metri slm, appare a tratteggio, in un tualweg particolarmente segnato, dando l'impressione che in quel tratto esso scorra o scompaia nel sottosuolo, assorbito dai depositi superficiali asciutti, per ricomparire più a valle dove, stando alla rappresentazione cartografica, cambia la morfologia del tualweg, presumibilmente a causa di una diversa tipologia di terreno. Pur essendo, quelle in discussione, carte itinerarie, il disegno fornisce utili indicazioni per percorrere quelle regioni; ad esempio quando indica per mezzo di diciture il «passo con barca» o »acqua corrente» sull'Uebi Scebeli (foglio 6).

Infine non può non citarsi il foglio 3, laddove l'itinerario della missione si sviluppa seguendo per un buon tratto il fiume Uebi Mana prima della confluenza nel Ganale Doria, meravigliando il lettore per l'estrema sinuosità del corso d'acqua, disegnato con andamento serpeggiante che quasi stenta ad apparire realistico, ma anche per l'elevata incisione delle sponde dei suoi versanti dove la mano del cartografo ha documentato la confluenza di una serie, innumerevole, di aste o rigagnoli.

7. L'altra via di penetrazione interna: l'Uebi Scebeli e le sue carte

Mentre per quanto riguarda il fiume Giuba, come si è visto, ragioni politiche piuttosto che geografiche motivarono i tempi rapidi della sua ricognizione, lasciando ben pochi dubbi ai cartografi del tempo, diversa e ben più problematica è stata la storia cartografica del fiume Uebi Scebeli, definitivamente svelato alla geografia solo sul finire degli anni '20 del secolo appena trascorso[9]. Dell'Uebi Scebeli, corso d'acqua notevolissimo per lunghezza del suo corso e vastità del suo bacino, sino agli anni Venti non erano note né le sorgenti né la foce. Solo lungo il suo corso medio furono eseguiti numerosi studi e ricognizioni fra il 1880 e il 1895, il periodo più intenso di esplorazione dell'Africa[10]. Questo tratto del fiume è quello che compare di solito nella cartografia dell'epoca, spesso allegata ai resoconti di viaggio degli esploratori e pubblicata

[9] La localizzazione delle sorgenti, il rilievo completo dell'Uebi Scebeli e dei suoi principali affluenti furono compiuti da Luigi di Savoia tra l'ottobre del 1928 e il febbraio del 1929, coadiuvato da vari specialisti nel campo cartografico, idrografico, astronomico e linguistico. L'intero itinerario, lungo il corso del fiume, è rappresentato in una carta in nove fogli in scala 1:250.000; il resoconto della spedizione è pubblicato nel Bollettino della Società Geografica Italiana (1929).

[10] Si ricordano la spedizione di Sacconi (1882-83), l'esplorazione dei fratelli James (1884), le ricognizioni di Ragazzi (1886-87), del Paulitschke (1887), del Baudi di Vesme e Candeo (1891), del principe Ruspoli (1891) e del Robecchi Bricchetti (1891).

dagli organi ufficiali delle Società promotrici dei viaggi. Si tratta per lo più di una cartografia frutto di rilievi speditivi eseguiti a piccola scala e «georiferiti» su sole determinazioni astronomiche. In tali carte la rappresentazione del corso fluviale appare sempre arricchita da ulteriori informazioni riconducibili al tema acqua: pozzi, cisterne, abbeverata, ecc, talora esasperato nell'evidenziazione dei percorsi attraverso i quali giungervi. Notevole importanza, dal punto di vista dell'informazione cartografica, assume la toponomastica sia per quanto riguarda l'uso, o qualche volta l'abuso, sia relativamente alla trascrizione dei nomi di luogo. Se nel secondo caso le inesattezze potevano essere attribuite con ogni probabilità alla difficoltà di percezione del suono, e quindi di trascrizione, nel caso dell'uso dei toponimi il problema appare più complesso. Talvolta si è attuata una sovrapproduzione denominativa, necessaria laddove occorreva riqualificare ciò che veniva percepito come scarsamente significativo: ad esempio la designazione di elementi localmente denominati solo in modo referenziale («bur» = monte, «ueb» o «uabi» = fiume). Altre volte, invece, attraverso la denominazione, o ri-denominazione, degli elementi geografici, viene in un certo senso reso servizio alla patria, attivando un vero e proprio processo di «appropriazione» politica del territorio. Il fiume Uebi Scebeli, ad esempio, era denominato dagli autoctoni «Uabi» cioè fiume. I somali del nord che si recavano nel suo medio corso per approvvigionarsi d'acqua, gli attribuivano la denominazione di Uabi Scebelle, cioè fiume dei Scebelle dal nome della tribù che vi risiedeva in prossimità. Tale denominazione, benché riferita al breve tratto abitato dalla suddetta tribù, fu estesa dai cartografi a tutto il corso del fiume e, per di più, tradotta arbitrariamente in «fiume dei leopardi» per analogia tra scebel (leopardo) e Scebelle (tribù)[11] (Tedesco Zammarano, 1924).

Nonostante tale toponimo fosse entrato ormai nell'uso comune ed esteso all'intero corso fluviale, nella carta «Il Giuba e i suoi affluenti» prima citata, compare il toponimo Uebi Ruspoli, dal nome del principe Eugenio Ruspoli che nel 1891 aveva effettuato un viaggio di ricognizione.

Relativamente alla parte terminale il compito degli esploratori e dei cartografi si presentava invece molto più complesso, sia per l'intricata idrografia della regione, sia per i non pochi errori presenti nelle carte dell'epoca. Per queste ragioni in questo contributo l'attenzione sarà rivolta soprattutto alla cartografia del basso corso, con particolare riferimento a quella redatta in occasione della spedizione finalizzata alla risoluzione del problema idrografico.

[11] Ai fratelli James inviati nel 1884 dalla Società geografica londinese alla volta del fiume che raggiunsero partendo dal golfo di Aden a Barri, sul medio corso del fiume, seguendo due dei suoi affluenti: il Thug Gerrer e il Fafan si deve la denominazione «fiume dei Leopardi» desunta probabilmente dalla relazione del Ravenstain con la cui pubblicazione ha origine, secondo il viaggiatore italiano Vittorio Tedesco Zammarano (1924), l'errore di toponomastica.

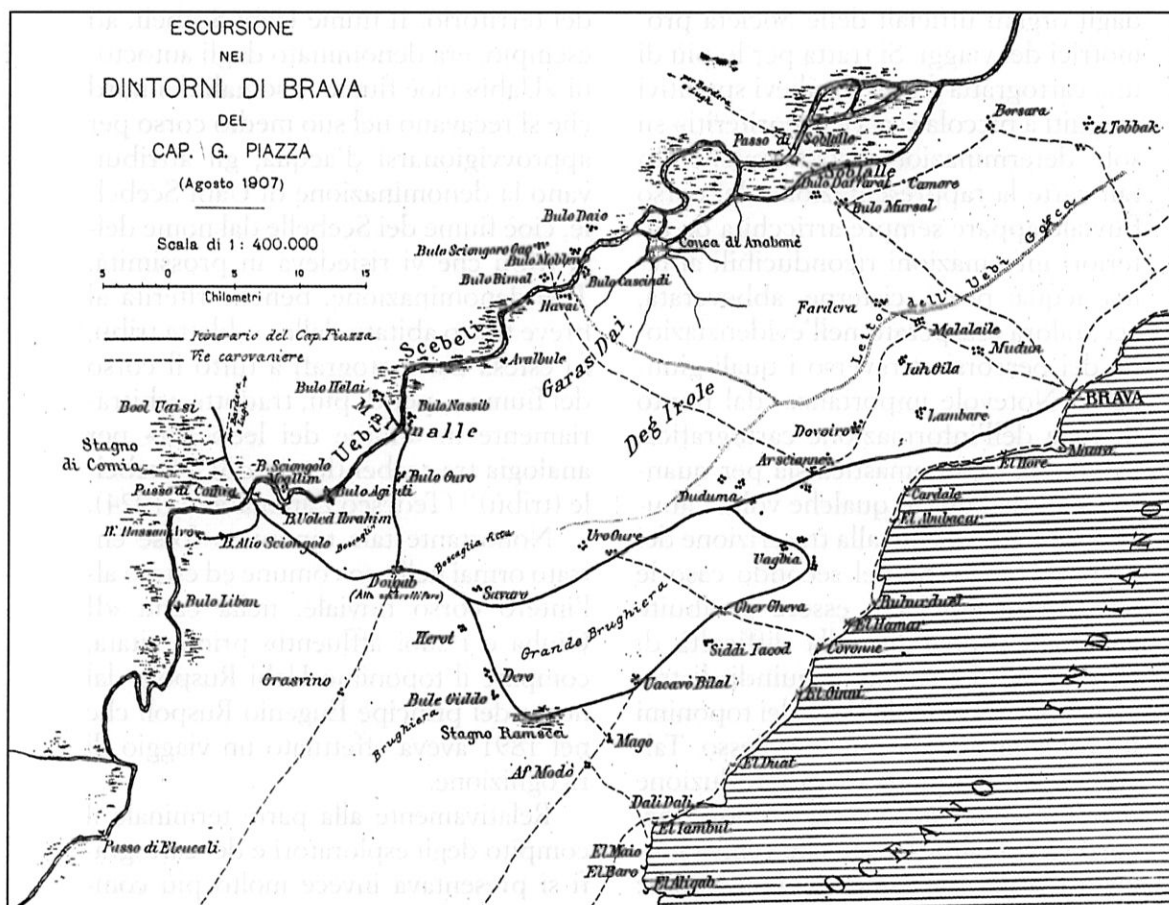



FIGURA 3 - *Il fiume Uebi Scebeli rilevato dalla spedizione Piazza, sopra Brava.*

Il fiume era citato nelle relazioni di viaggio dei portoghesi con l'idronimo di Rio de Mogadoxo, e come tale fu rappresentato fino alla prima metà dell'800. La sua foce era posta erroneamente a mare, in prossimità di Mogadiscio.

Solo verso la metà del secolo XIX, l'idronimo Rio de Mogadoxo, è sostituito con Webi Scebeili, mentre il suo corso terminale è indicato con Haines, toponimo proposto nel 1843 dal viaggiatore britannico Christopher, il primo esploratore a riconoscere il fiume presso Mogadiscio, in memoria del servizio reso alla geografia da Haines (Tedesco Zammarano, 1924). Qualche anno più tardi, il resoconto redatto dal comandante francese Guillan si sofferma sul basso corso del fiume, che denominò Ouebi Denoq, precisando che il fiume, prima di giungere a Balleh, si divide in tre rami ognuno dei quali si perde in un

piccolo lago[12]. Nella cartografia redatta solo qualche anno più tardi, il fiume compare ancora con tracciato molto incerto nel suo alto corso (in mancanza di esplorazioni dirette), mentre è «approssimativamente esatto» nel tratto terminale, diviso in tre rami, ciò che alimentò, necessariamente interpretazioni cartografiche più o meno fantasiose. Lo stesso toponimo Balleh, che il Guillan cita come località nei pressi della quale termina il fiume, nelle carte del tempo diviene regione dei Balli o paese dei Balli.

Fu soprattutto l'indicazione riportata sempre dallo stesso Guillan dei tre rami che si perdono in altrettanti laghi a generare fantastiche supposizioni, tradotte ed ostentate nelle carte. Nella Rivista delle Colonie del 1909, il Piazza non sostiene l'ipotesi del Guillan e ritiene che il fiume si esaurisca ancor prima di giungere nella regione dei Balli. Una seconda, e sicuramente più accattivante ipotesi, abbracciata dal tenente Pesenti (che partecipava alla spedizione del Piazza) presumeva l'esistenza di due letti sotterranei attraverso i quali un ramo del fiume si sarebbe versato nel fiume Giuba e l'altro nell'Oceano Indiano. La terza ipotesi, che riteneva il fiume affluente del Giuba attraverso il billic Maro, era sostenuta dal tenente Ferrari in una nota pubblicata sul Bollettino della Società Geografica e rappresentata dall'I.G.M. in una carta dimostrativa alla scala 1:200.000 del 1910. L'ipotesi di impossibilità di raccordo tra i fiumi Uebi Scebeli e Giuba, a causa della presenza di una lunga catena di dune che costringono il primo a scorrere per 300 km lungo la costa e poi a perdersi in una regione bassa e paludosa a circa 40 km dal Giuba, era invece sostenuta, tra gli altri, dallo Stefanini, inviato, nel 1913, nella Somalia Meridionale dal Governo della Colonia, per riferire sulle acque del sottosuolo, allo scopo di poter formulare un programma di utilizzazione delle medesime[13] (Stefanini e Paoli, 1916).

8. Il rapporto tra le due vie d'acqua e la spedizione di Tedesco-Zammarano

La relazione tra il Giuba e l'Uebi Scebeli costituì il problema geografico e cartografico più interessante di un vasto settore della fascia costiera della Somalia; solo in seguito alla spedizione italiana compiuta da Vittorio Tedesco Zam-

[12] Le notizie e le osservazioni raccolte dal Guillan durante i suoi sette anni di permanenza in Somalia sono pubblicate in tre volumi corredati da un atlante che costituiscono un'opera fondamentale per la conoscenza degli assetti geografici e storici della regione nel secolo diciannovesimo.

[13] Il programma di studio, interrotto dal Governo della Colonia prima del suo completamento, fu ripreso, nel 1924, oltre che per volere del Governo anche per l'interessamento della Società Geografica Italiana, ed esteso alla regione del medio Uebi Scebeli e ai sultanati di Obbia e dei Migiurtini (Somalia Settentrionale). Mentre il Governo era interessato a valutare le condizioni idrologiche, ai fini dello sviluppo della Colonia, la Società Geografica «aveva in mira soprattutto il fine di preparare gli elementi necessari alla compilazione di uno schizzo geologico della penisola, da servire per la Carta geologica internazionale dell'Africa» (STEFANINI e PUCCIONI, 1926, p. 13).

marano nel 1921-22, la disputa venne definitivamente risolta, grazie ad una ricognizione sommaria del corso del fiume dal 2° al 1° parallelo di latitudine nord ed una esplorazione dettagliata con rilievo dell'alveo dal 1° parallelo di latitudine nord al Giuba. Si è così accertato che il fiume, dopo aver seguito un andamento nord-sud per oltre 300 km, giunto nei pressi di Balaad incontra un cordone di dune cementate e ben consolidate su cui si è insediata una folta vegetazione di bassi arbusti. Il cordone si sviluppa con continuità lungo tutta la costa della Somalia meridionale, formando un rilievo, modesto altimetricamente ma ininterrotto, emergente solo per 50 metri circa rispetto al fondo vallivo. La presenza di questo cordone dunare impedisce comunque lo sbocco a mare del fiume, costringendolo a deviare verso sud-ovest con una pendenza assai addolcita. A sud di Caitoi, nella regione di Merca, in corrispondenza del punto in cui il cordone di dune si assottiglia, l'alveo del fiume si divide. Un ramo, denominato Uebi Gofca, una sorta di braccio morto, segue il piede del rilievo per circa 100 km e in prossimità di Brava assume una direzione est-ovest che mantiene fino ad Havai, dove si ricongiunge al braccio superiore.

Senza addentrarsi, per brevità, nel decorso del tratto terminale del fiume allorché inizia l'avvicinamento alla riva oceanica e la sua deviazione verso sud-ovest, parallelamente alla linea di costa, nell'ampio sistema dunare che la caratterizza, si può qui ricordare che a sud di Havai, precisamente dal passo di Comia, a 40 metri di quota, ebbe inizio la ricognizione del tratto terminale del fiume rilevato speditivamente alla scala 1:10.000. La spedizione avrebbe dovuto raggiungere la «misteriosa» regione dei grandi allagamenti, o regione dei Balli, com'era denominata nelle cartografie del periodo, e di conseguenza risolvere il problema del basso Uebi. In realtà essa stabilì che le paludi a sud di Havai non hanno che un'importanza minima nel bilancio idrologico di questo tratto fluviale.

Lungo la sponda destra del basso corso dell'Uebi, la cui direzione generale è orientata da N-E a S-O, furono riconosciuti numerosi piccoli emissari segnalati cartograficamente dall'apposizione dell'idronimo «far», brevi diverticoli sversantisi in paludi più o meno estese, incapaci di dar vita ad un nuovo alveo, ma anzi destinati ad affrettare la morte dell'ormai già esaurito corso del fiume in quanto la sottrazione di una certa quantità d'acqua allo scorrere nel letto, in un punto in cui ben scarsa è la sua portata, contribuisce evidentemente al suo esaurimento. Così è da Comia ad Alì Hassan (ultima località che il viaggiatore cita come «villaggio»), da Alì Hassan ad Uarerai, da Uarerai ad Eleucali, da Eleucali ad Aifelle. E' da precisare, inoltre, che tutti i toponimi citati e cartografati non sono da riferire a località, ma a zone più o meno estese, talvolta boschi, paludi, praterie, ecc., con confini assolutamente indeterminati. Ad Aifelle la spedizione incontrò l'emissario del Bogia, il quale, secondo le carte esistenti, avrebbe dovuto dare origine ad una estesa palude e avrebbe alimentato un certo lago di Chido o Chilo. Si ac-

FIGURA 4 - *La carta del basso Uebi nei rilievi della spedizione di Tedesco-Zammarano.*

certò invece che l'emissario, dopo appena 2 km, si perde in una palude e si ebbe modo di rivedere e correggere l'ampiezza e la disposizione spaziale della zona paludosa. Ad Aifelle, il fiume, che fino a quel punto aveva una direzione N.E.-S.O., muta il suo cammino dirigendosi verso sud per almeno una decina di km e riprendere poi la direzione N.E.-S.O. a Cugnereghe, dove la serie di allagamenti diviene più frequente. Tutta la zona è caratterizzata dal solito processo di colmamento dell'alveo, esondazione e ristagno nelle immediate vicinanze dello stesso, producendo una notevole dispersione di acqua ma non la formazione di stagni profondi o estese paludi. Queste sono alimentate dalle sole acque residue di precedenti esondazioni e colmate solo in periodi di piene eccezionali. La spedizione identificò la sola palude (billic Buru) dove il fiume immette le sue acque con piccoli defluenti. Superato il billic Buru e identificato l'alveo, la spedizione giunse a Temtù, in prossimità della supposta regione dei Balli, depressione di circa 100 kmq di superficie nella quale le acque del fiume e lo stesso suo alveo avrebbe dovuto perdersi, secondo le indicazioni presenti sia nelle carte sia nei resoconti fino ad allora tracciati. Si stabilì, invece, in primo luogo, la limitata estensione della depressione e l'identità morfologica della stessa con le numerose altre incontrate e prodotte dalle alluvioni. Inoltre verificò che Ballei era la denominazione indigena della località, assurta al rango di regione solo per mera esagerazione cartografica che ha esteso inusitatamente l'ampiezza della scrittura. Quindi riconobbe l'esistenza di un unico alveo, ben marcato e solo in minima parte interrato; la regolarità nell'andamento altimetrico del terreno a monte e a valle dell'area di impaludamento, nonché l'inesistenza di correnti sotterranee in rapporto con l'attività del fiume. Rilevò infine che il fiume non muore a Ballei ma prosegue verso sud e, malgrado le alluvioni fluviali e l'azione colmatrice degli agenti meteorici, appare sempre rilevabile, nonostante siano evidenti fenomeni di continua regressione del suo punto terminale. Nell'ultima parte dell'itinerario, la spedizione si occupò di esaminare quale tipo di azione avessero svolto sul tratto terminale dell'alveo dell'Uebi le acque del Giuba e del Madagoi, corso d'acqua assolutamente indipendente dai due maggiori fiumi della Somalia, ma in alcune carte ritenuto affluente dell'Uebi, in altre tributario del Giuba (carta I.G.M. 1:200.000) o del billic Maro e attraverso questo anche dell'Uebi (Ferrari). Questa parte dell'itinerario non è cartografato nella carta al 200.000, ma si può osservare nello «Schizzo d'insieme del basso Uebi». L'inesistenza di qualsiasi relazione tra il Madagoi e il basso Uebi è riscontrabile con agilità nella carta, dove oltretutto è ben rappresentata la conca di Arenaga, la quale contiene le acque del Madagoi, impedendo a queste di raggiungere l'Uebi. In questo modo si corregge l'errata informazione presente nelle cartografie della fine del secolo XIX, dove la conca era riportata come uno dei tre piccoli laghi della regione dei Ballei, dove l'Uebi Scebeli avrebbe sversato le proprie acque.

Bibliografia

ATTUONI P., *I confini della Somalia e le loro vicende*, in «Bollettino della Società Geografica Italiana», 1953, pp. 98-125.

BOTTEGO V., *Esplorazione del Giuba e suoi affluenti*, (Conferenza tenuta dal cap. Vittorio Bottego il giorno 17 marzo 1894), in «Bollettino della Società Geografica Italiana», 1894, pp. 234-257.

BOTTEGO V., *Il Giuba esplorato*, Parma, Ugo Guanda editore, 1997.

CAPACCI A., *Un'inedita relazione sull'Ogaden*, in «Annali di ricerche e studi di geografia», 1989, pp. 1-25.

CARAZZI M., *La Società geografica italiana e l'esplorazione coloniale in Africa (1867-1900)*, Firenze, La Nuova Italia, 1972.

CASTI MORESCHI E., *Nomi e segni per l'Africa italiana: la carta geografica nel progetto coloniale*, in «Terra d'Africa», Milano, Unicopli, 1992, pp. 13-60.

CERRETI C., *La raccolta cartografica dell'Istituto Italo-Africano. Presentazione del fondo e guida alla consultazione*, Roma, Istituto italo-africano, 1987.

CERRETI C. (a cura di), *Colonie africane e cultura italiana fra Ottocento e Novecento. Le esplorazioni e la geografia*, Roma, Cisu, 1995.

CERRETI C., *La questione africana e i geografi del dissenso,* in *Colonie africane e cultura italiana fra Ottocento e Novecento. Le esplorazioni e la geografia*, cit., pp. 33-47.

CERRETI C., *Le speciali qualità della rappresentazione cartografica. Vuoti e pieni reali e virtuali nella cartografia dell'Africa*, in E. CASTELLI e D. LAURENZI (a cura di), *Permanenze e metamorfosi dell'immaginario coloniale in Italia*, (Collana SMAC - Studi e Materiali di Antropologia Culturale), Napoli, ESI, 2000, pp. 41-60.

CERRETI C., *Colonie in effigie, colonialisti in poltrona. Cartografia coloniale e periodici geografici nell'Ottocento*, in «Terra d'Africa», Milano, Unicopli, 2001, pp. 13-49.

CESARI C., *Colonie e possedimenti coloniali*, Roma, Libreria di Scienze e Lettere, 1926.

CONSOCIAZIONE TURISTICA ITALIANA, *Guida dell'Africa Orientale Italiana*, Milano, 1938.

CUSIMANO G., *L'Africa nella rappresentazione cartografica sino al XVI secolo*, in *L'Africa ritrovata. Antiche carte geografiche dal XVI al XIX secolo*, Quaderni del servizio meseografico della Facoltà di Lettere e filosofia dell'Università di Palermo, Palemo, 1986, pp.8-34.

DAINELLI G., *Esploratori italiani in Africa*, Torino, UTET, 1961.

DE LEONE E., *Le prime ricerche di una colonia e l'esplorazione geografica politica ed economica*, Roma, Istituto Poligrafico dello Stato, 1955.

DEL BOCA A., *Gli italiani in Africa Orientale. Dall'Unità alla marcia su Roma*, Roma-Bari, Laterza, 1976.

FERRARI G., *Il basso Giuba*, in «Bollettino della Società Geografica Italiana», 1910.

GAFFURI L., *Africa Orientale, colonialismo e universi simbolici: geografia di un romanzo*, in A. IOLI GIGANTE (a cura di), *Uno sguardo dall'isola*, Venezia, Marsilio, 1991, pp. 53-80.

GAFFURI L., *Ideologia e geografia: l'Africa coloniale nel contributo dei geografi italiani ai congressi specializzati (1871-1898),* in «Terra d'Africa», Milano, Unicopli, 1992, pp. 61-109.

GAMBI L., *Geografia e imperialismo in Italia*, Bologna, Pàtron, 1992.

GHISLERI A., *Atlante d'Africa*, Bergamo, Istituto d'arti grafiche, 1909.

GIGLIO C., *Etiopia - Mar Rosso*, Roma Istituto Poligrafico dello Stato, 1958.

GRASSI F., *Le origini dell'imperialismo italiano. Il caso somalo,* Lecce, Milella, 1980.

GUILLAN C., *Documents sur l'histoire, la gèographie et le commerce de l'Afrique Orientale*, 3 vol. Paris, s.d.

LANDO F., *Geografie di casa altrui: l'Africa negli studi geografici italiani durante il ventennio fascista,* in «Terra d'Africa», Milano, Unicopli, 1993, pp. 73-124.

LEED E.J., *La mente del viaggiatore. Dall'odissea al turismo globale*, Bologna, Il Mulino, 1992.

LEFÈVRE R., *Il mappamondo di fra' Mauro e la conoscenza dell'Abissinia a metà del Quattrocento*, in «Nuova Antologia», 1936, pp. 48-55.

LUDOLF J., *Historia Aethiopica*, Francoforte, 1681.

MADAU C., *L'alterità nei resoconti degli esploratori italiani. Tra realtà geografica, tentativi di riterritorializzazione e finalità politiche ed economiche*, in «Bollettino della Società Geografica Italiana», 2002, pp. 333-357.

MADAU C., *Simbolismo e realtà geografica nella cartografia degli esploratori della Somalia*, in C. CERRETI (a cura di), *Colonie africane e cultura italiana fra Ottocento e Novecento. Le esplorazioni e la geografia*, cit., pp. 273-287.

MAGRI P.G., *Scopi geografici e retroscena politici nella seconda spedizione Bottego*, in «Bollettino della Società Geografica Italiana», 1968, pp. 605-624.

MARINELLI G., *Eugenio Ruspoli e i suoi viaggi nella Somalia*, in «Bullettino della sez. fior. della Soc. Africana d'Italia», 1894.

MARINELLI O., *Il problema coloniale*, in «Bollettino della Società Geografica Italiana», 1926, pp. 353-372.

MINISTERO DEGLI AFFARI ESTERI, *L'Italia in Africa. Il territorio e le popolazioni*, vol. I, Roma, Istituto Poligrafico dello Stato, 1935.

MINISTERO DEGLI AFFARI ESTERI, *Trattati, Convenzioni, Accordi, Protocolli e altri documenti relativi all'Africa*, 1825-1906, vol. 1, Roma, 1906.

MORI A., *Il ritorno della missione per la delimitazione del confine italo-etiopico e la sua opera geografica*, in «Rivista Geografica Italiana e Bollettino della Società di Studi Geografici e Coloniali», 1912, pp. 82-86.

MORI A., G. DAINELLI, R. ALMAGIÀ e C. ZOLI (a cura di), *L'Africa Orientale*, Bologna, Zanichelli, 1935.

PEROCCO D., *L'invenzione dell'ignoto: il cuore dell'Africa nelle relazioni dei viaggiatori italiani*, in *Africa. Storie di viaggiatori italiani*, Milano, Electa, 1986, pp. 72-91.

PIAZZA G., *Escursione Brava-Balli-Gelib*, in «Rivista delle Colonie», 1909.

PIGLI M., *Etiopia. L'incognita africana*, Padova, Cedam, 1935.

RAVENSTAIN E.G., *Somal and Galla land* in «Proceeding of the R. Geogr. Soc. London», 1884.

ROBECCHI BRICCHETTI L., *Da Obbia ad Alula*, in «Bollettino della Società Geografica Italiana», 1891, pp. 265-286.

S.A.R. LUIGI DI SAVOIA - DUCA DEGLI ABRUZZI, *Le sorgenti e il corso dell'Uebi Scebeli*, in «Bollettino della Società Geografica Italiana», 1929, pp. 359-371.

SCANU G. e C. MADAU, *La cartografia italiana della Somalia tra evoluzione e tradizione*, in «Bollettino dell'A.I.C.», 1996, pp. 61-72.

STEFANINI G. e G. PAOLI, *Ricerche idrogeologiche, botaniche ed entomologiche fatte nella Somalia Italiana Meridionale (1913)*, Firenze, 1916.

STEFANINI G., *In Somalia. Note e impressioni di viaggio*, Firenze, Le Monnier, 1922.

STEFANINI G. e N. PUCCIONI, *Notizie preliminari sui principali resultati della Missione della R. Società Geografica in Somalia (1924)*, in «Bollettino della Società Geografica Italiana», 1926, pp. 12-76.

SURDICH F. (a cura di), *L'esplorazione italiana dell'Africa*, Milano, Il Saggiatore, 1982.

SURDICH F., *Dagli esploratori ai colonizzatori*, in *Africa. Storie di viaggiatori italiani*, Milano, Electa, 1986, pp. 172-199.

TEDESCO ZAMMARANO V., *Esplorazione del basso Uebi*, in «Bollettino della Società Geografica Italiana», 1924, pp. 169-186 e pp. 245-267.

L'EVOLUZIONE DELLA SIMBOLOGIA IDROGRAFICA NELLA CARTOGRAFIA A GRANDE SCALA IN ETÀ MODERNA E CONTEMPORANEA

THE EVOLUTION OF THE HYDROGRAPHIC SYMBOLS IN THE MODERN AND CONTEMPORARY CARTOGRAPHY

Lamberto Laureti (*)
(*) Dipartimento di Scienze della Terra - Università di Pavia.

Riassunto

Il presente contributo intende riassumere, entro i limiti di una esposizione necessariamente sintetica, le linee evolutive che hanno caratterizzato, in età moderna e contemporanea fino agli inizi del XX secolo, la scelta e l'armonizzazione della simbologia idrografica, sia marina che terrestre, sulla base, oltre che di alcune autorevoli trattazioni manualistiche, della simbologia adottata dai principali produttori europei di cartografia topografica.
Parole chiave: cartografia storica, idrografia, cartografia topografica.

Abstract

This paper has the aim to summarize the evolution of the map symbols during the modern and contemporary times, with reference to the hydrographic patterns of the marine and terrestrial cartography, also on the basis of the most important national topographical series.
Key words: *historic cartography, hydrography, topographic cartography.*

1. Premessa

Nelle rappresentazioni cartografiche anche più antiche, la simbologia relativa all'idrografia, sia marina che terrestre, ha sempre rivestito una notevole importanza con una conseguente collocazione di preminenza nell'ambito dei singoli documenti cartografici e indipendentemente dalle scale adottate. Tale importanza oltre che riflessa dalla precisione del segno grafico e derivata spesso da osservazioni appositamente eseguite si basava anche sulla necessità di poter disporre di

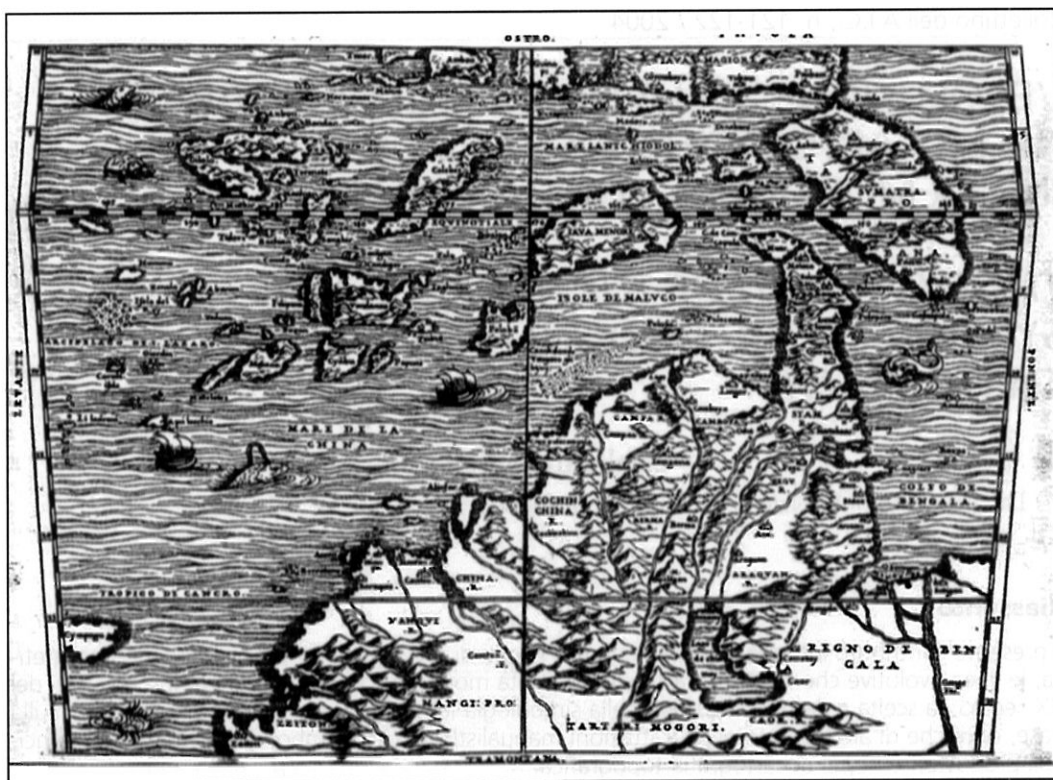



FIGURA 1 – *Terza Tavola* di Giacomo Gastaldi, inserita nel volume I dell'opera *Navigazioni e viaggi* di Giovanni Battista Ramusio (Giunti, Venezia 1554. Dimensioni originali 39,5 x 27,5 cm). Con il sud orientato verso l'alto del foglio, uso abbastanza comune per l'epoca, questa carta riproduce l'Asia sud-orientale e costituisce un tipico esempio di come venivano raffigurati gli spazi marini mediante linee ondulate (simulanti cioè il moto ondoso) fra loro parallele ed un fitto tratteggio in prossimità delle coste. Analoga soluzione vi è proposta per le acque interne (il grande bacino lacustre qui denominato Chiamay, forse corrisponde all'attuale Tonle Sap in Cambogia). Da notare è l'effetto decorativo fornito dalle figure di fauna ittica e dai navigli. [da Potter 1992].

carte con indicazioni sufficientemente esatte relative all'andamento dei corsi d'acqua e delle linee costiere in quanto elementi ai quali si appoggiavano direttrici di traffico in territori conosciuti o vie di penetrazione in aree ancora poco note.

Va inoltre precisato che, riguardo all'uso di determinate denominazioni, nel corso del XVIII secolo, l'attributo di *idrografia* viene assegnato normalmente alla cartografia marina, mentre per quella terrestre comincia a diffondersi il termine di *potamologia* che, oltre a indicare i criteri di rappresentazione delle acque correnti e lacustri, tende a individuare

FIGURA 2 – *Coste sud orientali dell'Africa* di Fleming Arnold van Langeren, carta inserita nell'*Itinerario* di Jan Huyghen van Linschoten (1595-96). Scala originale di 15 miglia germaniche al grado di latitudine. In questa carta gli effetti decorativi (costituiti dalla rosa dei venti e da altre figure) esigono un fondo bianco, anche per le aree continentali. L'interesse maggiore è fornito dal notevole dettaglio della rappresentazione delle coste e delle emergenze insulari. Le zone in *pointillé* nell'attuale Stretto di Mozambico si riferiscono a bassi fondali, già allora ben individuati e corrispondenti a parte della piattaforma continentale sommersa. [da Bricker & Tooley 1976].

un importante settore della stessa scienza geografica. Solo più tardi, nel corso del XIX secolo, ad esso si aggiungerà il termine di *limnologia* con specifico riferimento alle acque lacustri. Al riguardo, si può ricordare la distinzione in uso nella lingua inglese dove il termine «chart» indica genericamente una carta nautica, a differenza di quello di «map» che indica sia una carta terrestre che una carta in generale.

2. Dagli antichi peripli ai portolani e agli atlanti marittimi medievali e moderni

Molto probabilmente gli antichi «peripli» (come quello attribuito al greco

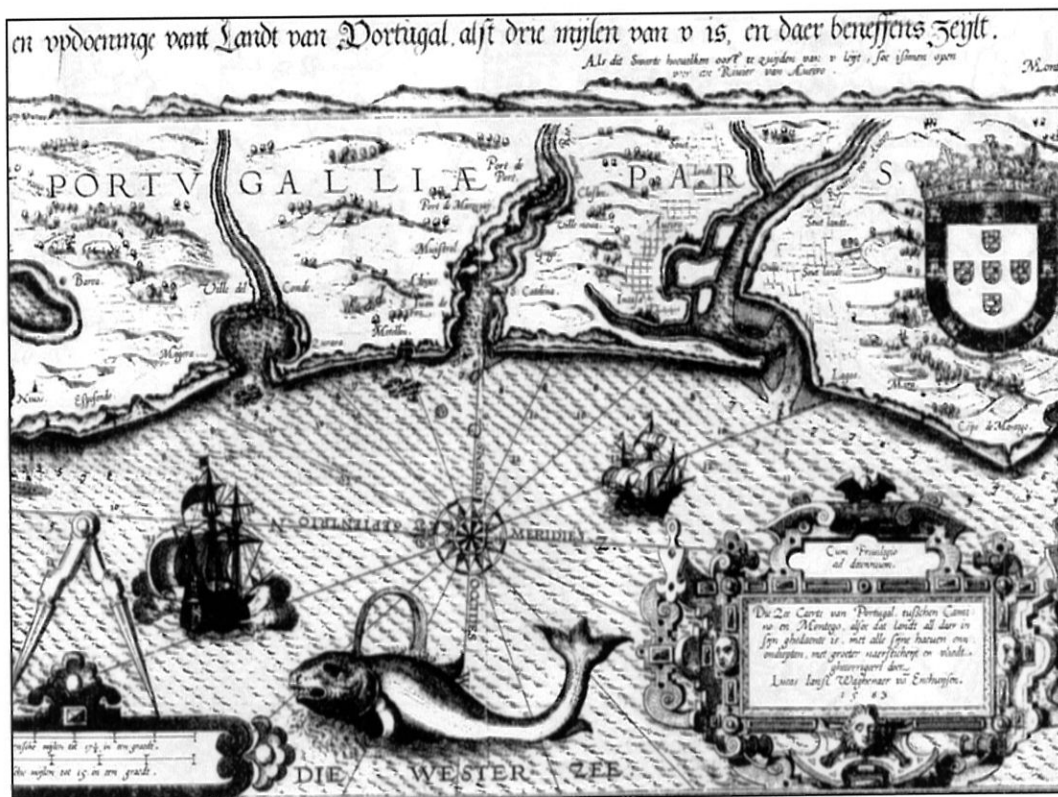



FIGURA 3 – *Descrizione delle coste del Portogallo settentrionale* di Lucas Janszoon Wagheneaer, contenuta nel primo volume del suo atlante marittimo *Spieghel der Zeevaerdt* (1584) relativo alle coste europee conprese tra lo Zuiderzee e Cadice. Il secondo volume (1585) comprende le coste che arrivano fino al Baltico e al Mare del Nord. Di notevole interesse, oltre all'abbondante corredo decorativo, le indicazioni direzionali riferite alla rosa dei venti, i dati desunti dagli scandagli, la presenza di banchi sabbiosi alle foci fluviali e il dettaglio dell'articolazione costiera. Scala originale di 15 miglia germaniche per grado. [da Bricker & Tooley 1976].

Scilace di Caryanda che intraprese alla fine del VI secolo a. Cr. una lunga spedizione ricognitiva lungo le coste dell'Oceano Indiano durata circa 30 mesi) il cui testo descrittivo è giunto, in forma più o meno lacunosa, fino a noi, erano accompagnati anche da uno schema cartografico.

Veri documenti di cartografia nautica, come i ben noti «portolani» medievali (dettagliate descrizioni di itinerari ed approdi marittimi), risultano diffusi assai più tardi, e la maggior parte di quelli che ci sono stati conservati risale mediamente al XVI secolo, anche se il più antico portolano finora conosciuto è costituito

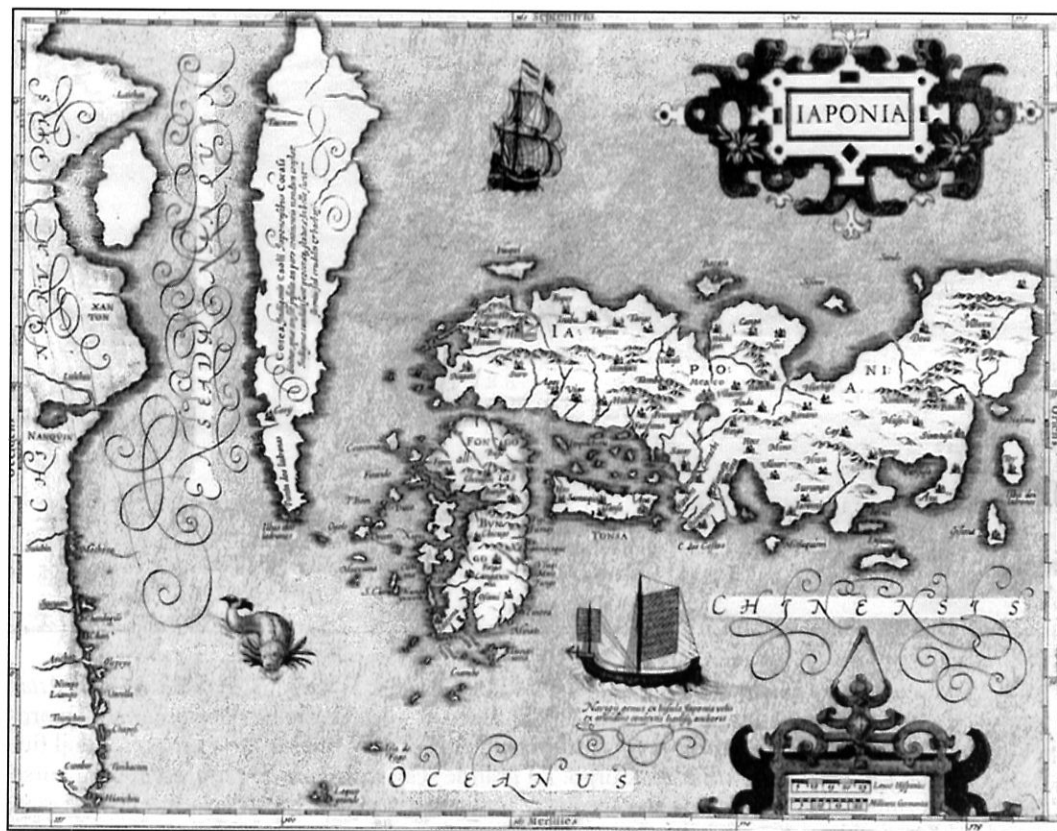



FIGURA 4 – *Japonia* di Joducus Hondius (scala originale di 15 miglia germaniche al grado). Incisa nel 1606 e ristampata nel 1620 per essere inserita nella versione ampliata dell'*Atlas* di Gerard e Rumold Mercator. Oltre alla nitidezza dell'incisione (l'originale è a colori) e agli effetti decorativi, la carta, proveniente dalla collezione «Jonathan Potter Maps», si distingue per l'uso del *pointillé* nella raffigurazione delle superfici marine. Si noti il carattere insulare attribuito alla Corea. [da Barron 1989].

dalla celebre «Carta Pisana», forse prodotta a Genova verso la fine del XIII secolo ed oggi conservata nella Biblioteca nazionale di Parigi. Il più antico documento cartografico nautico a noi pervenuto è però quello attribuito al genovese Pietro Vesconte (1311), attualmente custodito nell'Archivio di Stato di Firenze. Allo stesso si deve il più antico atlante marittimo (1313) conservato nella Biblioteca Nazionale di Parigi.

Tra i più antichi documenti di cartografia nautica (comprendenti anche carte delle baie, delle coste, ecc.) è sufficiente ricordare le carte nautiche del portoghese Francisco Rodrigues, incluse nella «Suma oriental» di Tomé Pires (1512) conservata nella Biblioteca Na-

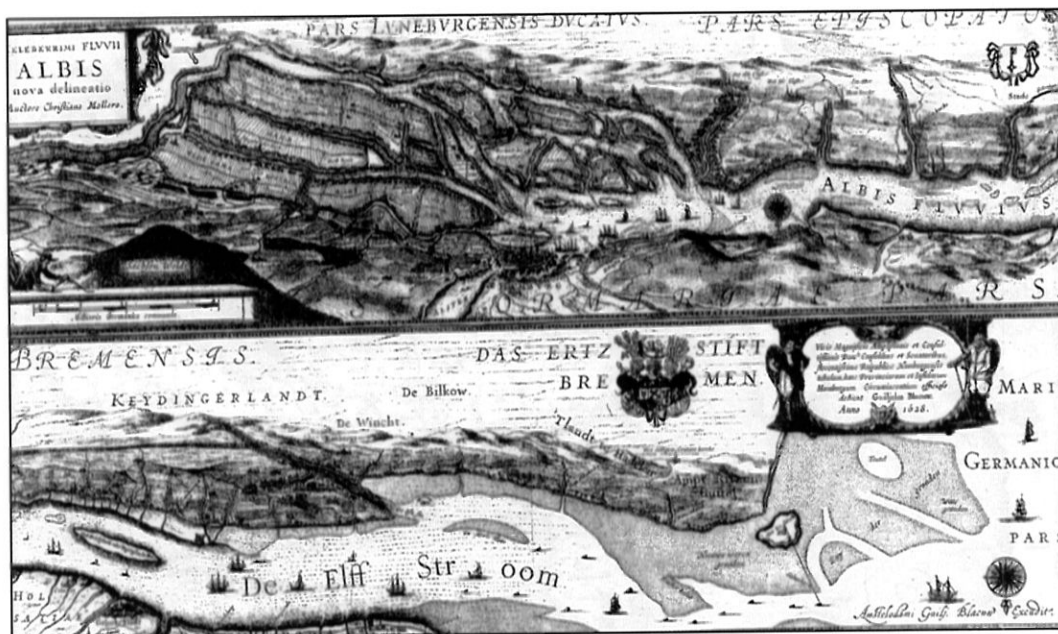



FIGURA 5 – *Celeberrimi Fluvii Albis nova delineatio* di Christiano Mollero. Pubblicata nell'*Atlas Appendix* (Amsterdam 1630) di Willem Blaeu, fondatore di una delle più grandi e prestigiose scuole di cartografia olandesi nel XVII secolo, questa carta rappresenta il fiume Elba con il porto di Amburgo. La grande scala consente di rappresentare il corso terminale del fiume e la sua foce con notevole dettaglio. La striscia inferiore si riattacca al lato destro della superiore. L'originale a colori proviene dalla collezione «Jonathan Potter Maps». [da Barron 1989].

zionale di Parigi, e relative alle rotte verso le Indie orientali, la «Caerte van die Oostersche See» di Cornelius Anthoniszoon di Amsterdam (1544) e lo «Spieghel der Zeevaerdt» di Lucas Janszoon Waghenaer di Leyden (1584-85), vero e proprio atlante marittimo, denominato semplicemente «Waggoner» nell'edizione londinese del 1588.

Nel XVII secolo la cartografia nautica appare dominata dalla produzione olandese con i nomi prestigiosi di Blaeu, Colom, Doncker, van Keulen, ecc. Tra i documenti di maggiore interesse basterà ri-

FIGURA 6 – *Vocabulorum geographicorum topice significatio*. Tipico esempio di nomenclatura geografica contenuto nell'opera *Geographisch Handtbuch* (Colonia 1600) di Matthias Quad von Kinckelboch. Numerose sono le indicazioni relative ad oggetti e situazioni idrografiche (oceano, mare, seno, porto, spiaggia, lago, fiume) espresse mediante una lettera. [da Wallis & Robinson 1982-87]. →

VOCABVLORVM GEOGRAPHICORVM
TOPICA SIGNIFICATIO.
A Continens seu Continuum, terra firma. das faste oder dichte landt. B Insula Insel, Eylandt. C Peninsula Halb insel. D Isthmus, ein Landt enge. E Promontorium, Vorberg. F Caput, Haupt, Ort, oder Eck eines landts. G Oceanus, die offenbare, weite, wilde See. H Mare Meer. I Sinus Meerbusem. K Portus ein Haven. L Fretum Sundt, oder Meer enge. M Lacus ein Lach. N Fluvius, flumen, amnis, rivus, aqua est decurrens, ein strom, fluss, bach, rivier. reliqua subiecta usus docebit. 1600

FIGURA 7 – *Carta particolare dello Stretto di Inghilterra tra Dover e Calais con la costa intorno* di Antonio Francesco Lucini (Firenze 1646-47) (dimensioni originali 35,5 x 46 cm). Carta inserita nel primo atlante marittimo inglese *Dell'Arcano del Mare* di Robert Dudley, ricco di ben 145 carte relative a tutto il mondo e realizzate in proiezione di Mercatore. L'esempio qui riprodotto si distingue per la sobrietà decorativa ed il notevole corredo informativo (scandagli, secche, banchi di sabbia, dettagli dell'articolazione costiera, ancoraggi, ecc.). [da Potter 1992].

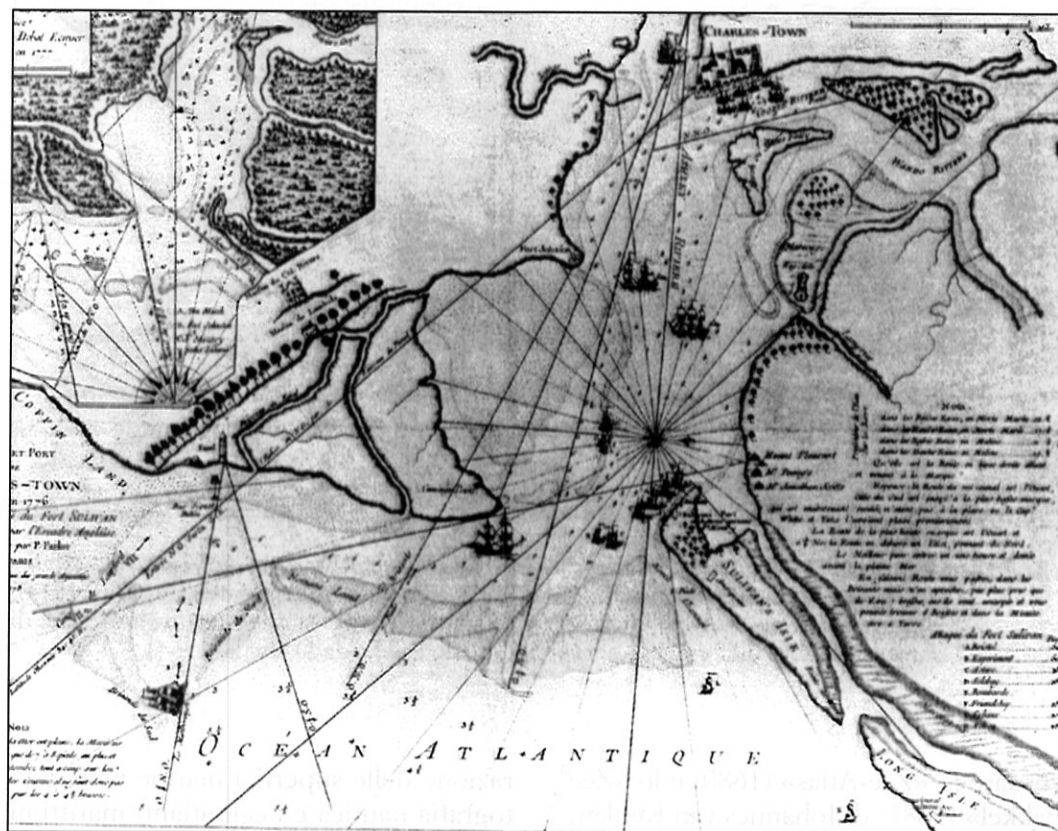



FIGURA 8 – *Barre et port de Charles-town* (Le Rouge, Paris 1778). Copia francese da un originale inglese (Sayer & Bennet, London 1776) (dimensioni originali 61 x 45 cm). La carta descrive un episodio della guerra di indipendenza americana, costituito dall'assalto delle truppe inglesi al Forte Sulivan e al porto di Charleston (South Carolina) il 28 giugno 1776. Essa è un bell'esempio di rappresentazione a grande scala, realizzato con intenti narrativi e quindi con notevole dettaglio di particolari (secche, banchi sabbiosi, scandagli, ecc.). [da Potter 1992].

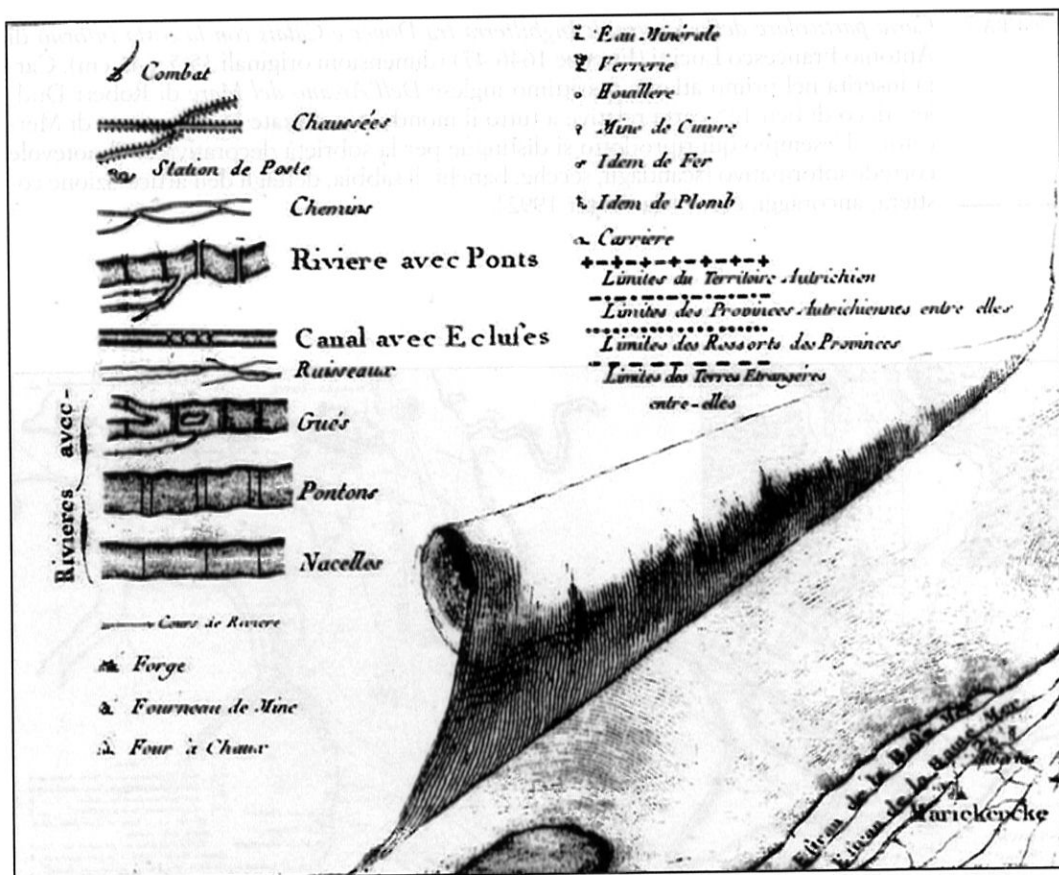



FIGURA 9 – Parte della legenda della *Nouvelle carte chorographique des Pays Bas Autrichiens* di Joseph-Jean François conte de Ferraris (1771), nobile di origini lombarde (1726-1814), alla scala di 1 :86 400. In questo stralcio sono presenti i simboli relativi a vari tipi di attraversamenti di corsi d'acqua (ponti, guadi, ecc.). [da Dainville 1964].

cordare lo «Zee-Atlas» (1680) e lo «Zee-Fakkel» (1681) di Johannes van Keulen.

3. Alcuni aspetti dell'espressione grafica

Sotto il profilo strettamente grafico, fin dall'inizio del XVI secolo la raffigurazione delle superfici marine nella cartografia nautica e negli atlanti marittimi segue in genere la tradizione dei manoscritti medievali, mediante il ricorso ad una incisione leggera di linee ondulate, mentre in prossimità delle coste essa si fa più decisa. Non di rado alle linee ondulate si sostituisce anche un fitto *pointillé*, antesignano delle attuali retinature.

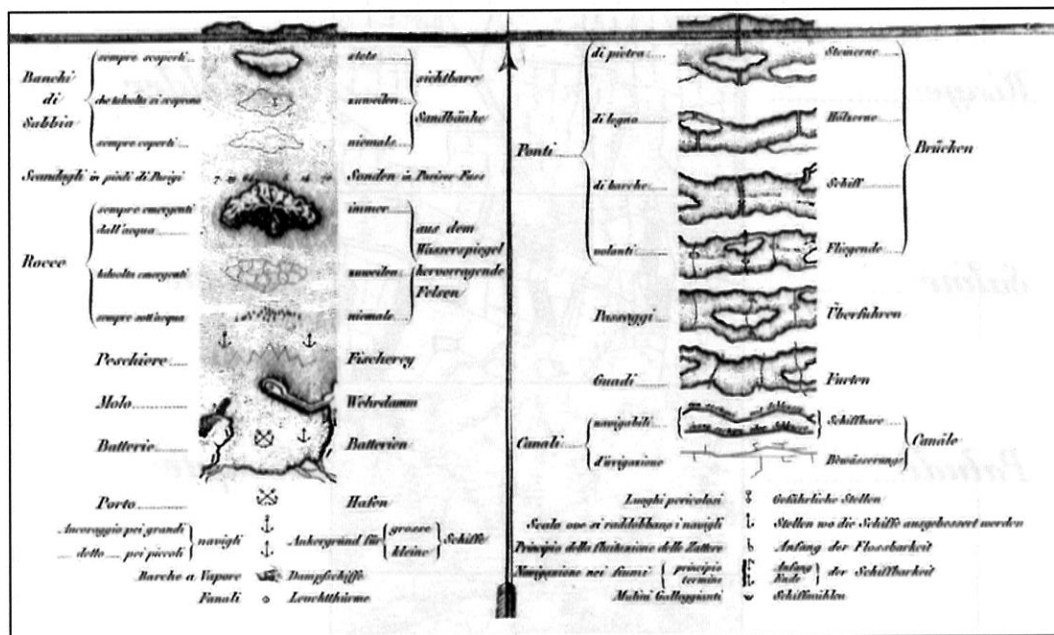



FIGURA 10 – *Carta Topografica del Regno Lomabrdo-Veneto* (1833-56) alla scala di 1:86 400 eseguita dalla sezione di Milano dell'Imperial Regio Istituto Geografico Militare Austro-Ungarico. Stralcio dalla tavola dei segni convenzionali con quelli relativi all'idrografia marina (a sinistra) e terrestre (a destra).

Nei due secoli successivi (XVII e XVIII) le superfici marine sono invece mantenute bianche, anche per la necessità di inserirvi, oltre a varie figure (esemplari di fauna ittica o fantastica, navigli decorativi, ecc.), anche indicazioni relative alle misure batimetriche eseguite con lo scandaglio (ma solo in prossimità delle coste e all'interno delle insenature portuali), alle variazioni magnetiche e alla direzione dei venti. Ulteriori innovazioni furono introdotte nel XVIII secolo dall'inglese William Gerard de Brahm nella sua «Hydrographical Map of the Atlantic Ocean» (London 1772).

Anche la colorazione delle superfici marine, oggi universalmente orientata sui toni del blu, in passato aveva avuto soluzioni diverse, oscillando tra il violetto, il verde e il grigio, ma generalmente raccordandosi, anche nella cartografia che utilizzava il tratto ondulato o il *pointillé*, con la rappresentazione delle acque continentali (specialmente quelle lagunari e lacustri). La rappresentazione delle acque correnti, invece, sostanzialmente non ha subito nel tempo modificazioni rilevanti, rimanendo costituita da una doppia linea (simboleggiante le opposte sponde del corso d'acqua) o da

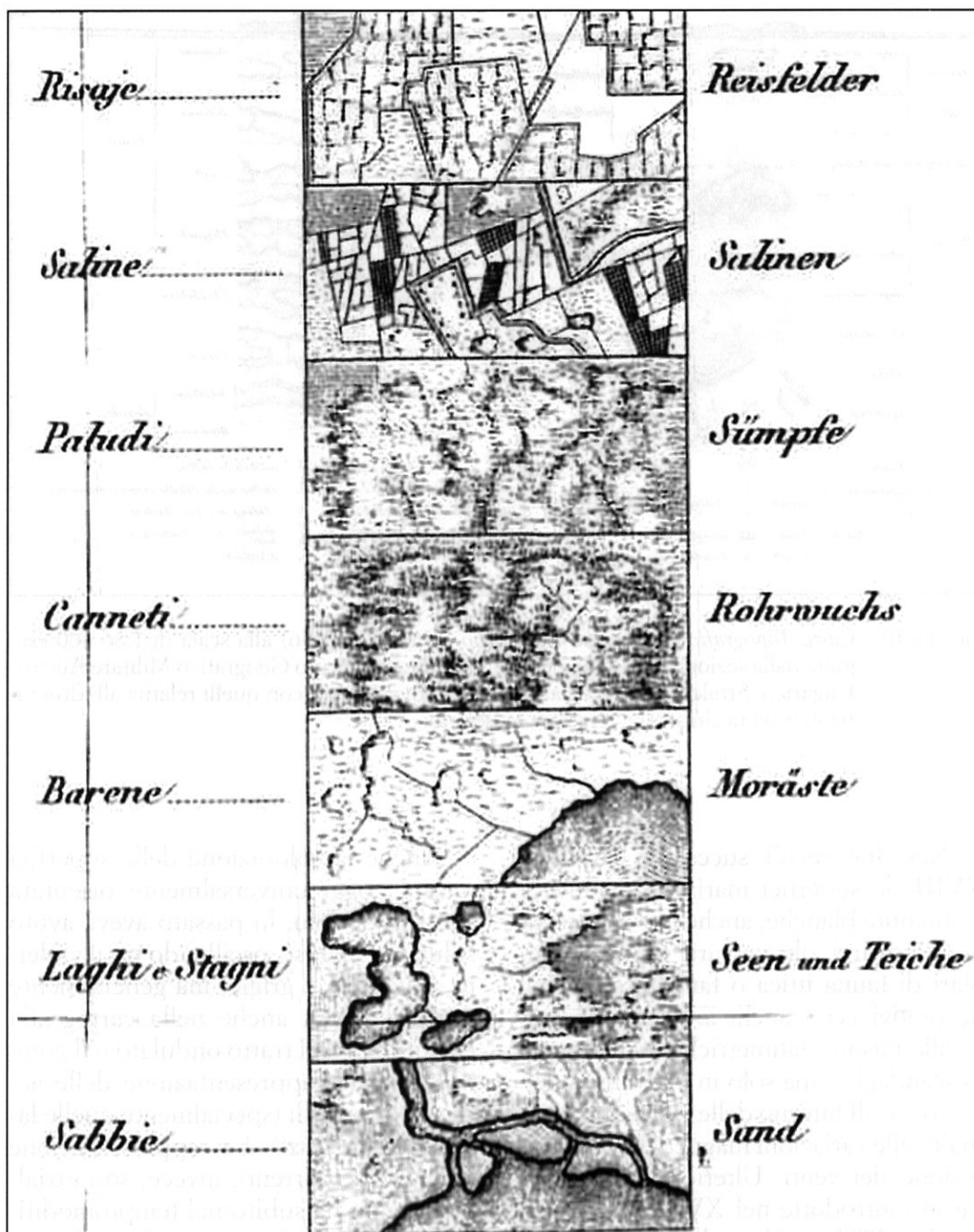



FIGURA 11 – *Carta Topografica del Regno Lombardo-Veneto* (cit.). Altri esempi di simboli relativi a situazioni e corpi idrici.

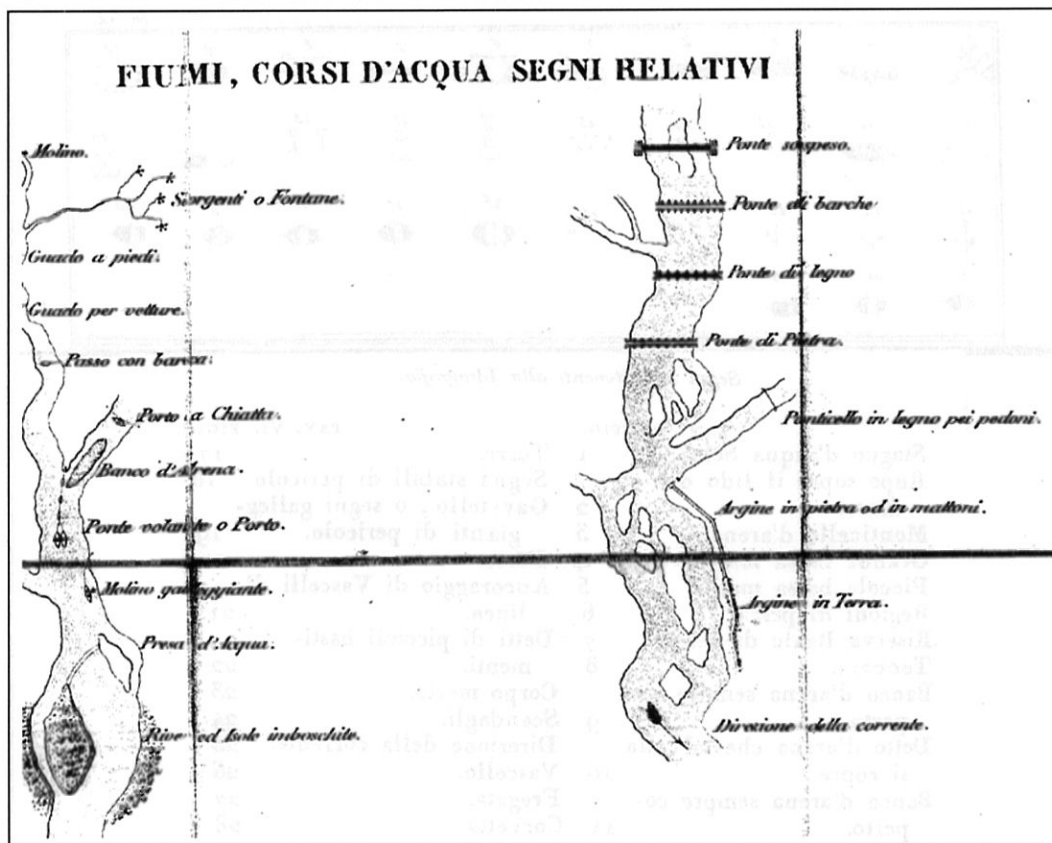



FIGURA 12 – *Carta Topografica degli Stati Sardi di Terraferma* (1852-71) alla scala di 1:50 000 eseguita dal Corpo di Stato Maggiore dell'esercito piemontese. Segni convenzionali relativi ai corsi d'acqua.

una sola linea particolarmente spessa.

Inoltre la rappresentazione della situazione idrografica, quando sia riferita a documenti realizzati a scale topografiche, viene eseguita con sempre più notevole accuratezza, anche in certi particolari apparentemente trascurabili, e specialmente nelle aree pianeggianti. I motivi di tale attenzione vanno ricercati anche nel fatto che alle linee idrografiche spesso si appoggiano confini politici.

4. La simbologia idrografica nelle prime grandi serie sistematiche

Con l'avvento della cartografia geodetica (a partire dalla seconda metà del XVIII secolo) e l'allestimento delle grandi serie topografiche nazionali, la rappresentazione della situazione idrografica assumerà, oltre ad una maggior precisione, una notevole diversificazione, anche in riferimento a tutte quelle situazioni natu-

Tav. VI.

Segni appartenenti alla Idrografia.

	TAV. VI. FIG.		TAV. VI. FIG.
Stagno d'acqua Salsa.	1	Torre.	17
Rupe sopra il lido del Mare.	2	Segni stabili di pericolo.	18
Monticello d'arena.	3	Gavitello, o segni galleggianti di pericolo.	19
Grande bassa marea.	4	Porto.	20
Piccola bassa marea.	5	Ancoraggio di Vascelli di linea.	21
Regioni di pesca.	6	Detti di piccioli bastimenti.	22
Riserva Reale di pesca.	7	Corpo morto.	23
Tonnara.	8	Scandagli.	24
Banco d'arena sempre scoperto.	9	Direzione della corrente.	25
Detto d'arena che talvolta si copre.	10	Vascello.	26
Banco d'arena sempre coperto.	11	Fregata.	27
Rocce sempre scoperte.	12	Corvetta.	28
Rocce che talvolta si coprono.	13	Gotter.	29
Dette sempre coperte.	14	Siambecco.	30
Scogli a fior d'acqua.	15	Cannoniera.	31
Fanale.	16	Bricch.	32
		Galeotta da bomba.	33
		Bastimenti nemici.	34

FIGURA 13 – *Segni appartenenti all'idrografia* dall'opera *Elementi di Topografia e Geodesia teoretica e pratica* di Gaspare Vinci (Napoli 1839, presso Borel e Bompard, tomo I, terza edizione), professore di Topografia del Real Collegio Militare.

FIGURA 14 – *Passages de Rivière*, stralcio dal quadro dei segni convenzionali adottati dal Depôt de la Guerre per le carte topografiche francesi (da Ed. Rouby, *Instruction élémentaire sur la Topographie* per uso degli ufficiali, sottufficiali e degli ingaggiati, Librairie Militaire Dumaine, Paris 1875). →

PASSAGES DE RIVIÈRE

Nature du Passage.	20000e	40000e
Pont en pierre.		
Pont en bois avec piles en pierre.		
Pont tout en bois.		
Pont-levis avec abords en pierre.		
Pont-levis avec abords en bois.		
Pont en fer.		
Pont suspendu avec piles.		
Pont suspendu.		
Pont suspendu pour les piétons.		
Pont de pontons.		
Pont tournant.		
Pont de bateaux.		
Pont volant.		
Bac à traille.		*Bac.*
Bac.		*Bac*
Passage de bateaux.		*Bat.*
Gué pour les voitures.		*Gué.*
Gué pour les hommes et les chevaux.		*Gué.*

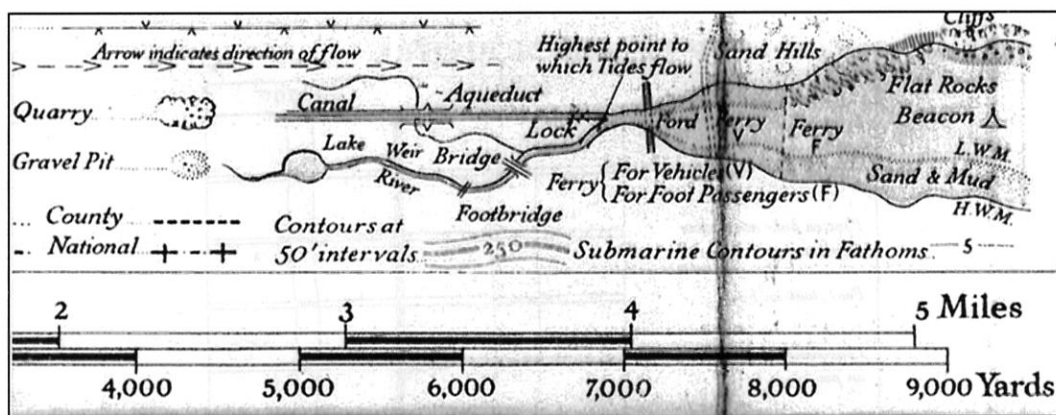



FIGURA 15 – *One-inch Map of England and Wales* dell'Ordnance Survey britannico in 118 fogli (1801-62) con numerose edizioni a partire dal 1872. Questa riproduzione deriva dal foglio 180 della *New Popular Edition*, pubblicata nel 1944 con le revisioni del 1938.

rali e a quelle strutture antropiche ad essa connesse (meandri abbandonati, aree palustri, sistemi di attraversamento, arginature, canalizzazioni, ecc.).

Tra queste serie si distinguono quella inglese con la ben nota «One-inch Map of England & Wales» (1801-1862) (cioè un pollice sulla carta = un miglio sul terreno, quindi scala di 1:63 360) e quella francese con la celebre «Carte de France de l'Academie», alla scala di 1:86 400, in 182 fogli, nota anche come Carte de Cassini (1756-1815) dal nome di César François Cassini de Thury, nipote dell'astronomo bolognese Gian Domenico Cassini, trasferitosi in Francia nel XVII secolo.

Altre serie topografiche nazionali sviluppatesi successivamente o contemporaneamente alle precedenti sono quelle austriache, piemontesi e napoletane. Quest'ultima è rappresentata essenzialmente dai due atlanti progettati dal celebre geodeta padovano Antonio Rizzi-Zannoni: si tratta dell' «Atlante Marittimo delle Due Sicilie» (1785) in 23 fogli alla scala di 1:92 200 circa, particolarmente accurato nell'orografia costiera e con un gran numero di misure batimetriche, e dall' «Atlante Geografico del Regno di Napoli» (noto anche come Atlante terrestre) (1788-1812) in 31 fogli alla scala di circa 1:126 000. La serie piemontese è costituita dalla ben nota «Carta topografica degli Stati Sardi di Terraferma», rilevata tra il 1816 e il 1830 dal Corpo Reale dello Stato Maggiore e pubblicata in 92 fogli alla scala di

FIGURA 16 – *Specialkarte von Österreich-Ungarn* alla scala di 1:75 000 (1873-88). Simboli relativi ai sistemi di attraversamento di un corso d'acqua. →

Brücke
v. Stein
von Holz mit
Steinpfeilern
von Holz
Schiffbrücke
Steg
Wasserfall
Holzrechen
Überfuhr
für Menschen
für Pferde
für Wagen
Teich

Molino
Fiume non navigabile
Sega
Ruscelli
Sorgenti
Ancoraggio, Porto commerciale
Faro, Faro galleggiante
Canali
Acquedotto
Argine
C.di caccia
Bosco non coltivato
Pozzo o cisterna
Prato
Molino a vento
Marcita
Sabbia
Laghi e stagni
Paludi

FIGURA 17 – *Carta Corografica dell'Europa Centrale (Penisola Balcanica)* alla scala di 1:200 000 (1900-1914) prodotta dall'Imperial Regio Istituto Geografico Militare Austro-Ungarico. Simbologia relativa all'idrografia e a situazioni afferenti.

FIGURA 18 – *Carta Corografica della Penisola Balcanica* (cit.). Particolare del foglio Scutari con il golfo e la foce del fiume Drin. L'originale è a colori. Il rigato sulle superfici marine è in azzurro pallido. Per la simbologia si confronti con la figura precedente.

1:50 000 tra il 1852 e il 1871. Infine tra le serie austriache si distingue la «Carta Topografica del Regno Lombardo-Veneto» (1833-1856) prodotta nella sezione milanese dell'Imperial Regio Istituto Geografico Militare di Vienna alla scala di 1:86 400 e pubblicata in 42 fogli.

Più recenti sono altre serie nazionali, come quelle italiane (alle sca di 1:100 000, 1:50 000 e 1:25 000) prodotte successivamente all'unità politica del Paese e ben note per volerle ancora citare, quelle austriache prodotte nella seconda metà del XIX secolo tra cui la «Special Karte von Österreich-Ungarn» (1873-88) alla scala di 1:75 000 in 752 fogli e la più recente «Carta Corografica della Penisola Balcanica» (1900-1914) in 25 fogli alla scala 1:200 000 e 5 fogli al 300 000, derivata dalla più ampia serie al 200 000 relativa all'Europa Centrale, quelle svizzere («Carta Dufour», 1845-1864, 25 fogli alla scala di 1:100 000 e «Atlante Siegfried», 1870-1905, 142 fogli alla scala di 1:50 000 e 462 alla scala di 1:25 000) e quelle dei vari stati tedeschi pre-unitari (Hessen, Baden-Württemberg, Bayern, ecc.) nonché dello stato tedesco unitario, rappresentato dalla grande «Karte des Deutschen Reich» (1878-1909) in 674 fogli alla scala di 1:100 000.

In tutte queste serie la simbologia idrografica, pur in mancanza di precisi accordi internazionali, del tipo di quelli che saranno poi sottoscritti in occasione dei lavori per la realizzazione della carta del Mondo al Milionesimo (come è noto, l'iniziativa per questo progetto, tuttora in corso di realizzazione, partì dal geografo tedesco Albert Penck nel corso del IV Congresso Geografico Internazionale svoltosi a Berna nel 1891), almeno nelle sue linee fondamentali, appare abbastanza bene integrata e confrontabile, come del resto può osservarsi dagli esempi allegati a queste note. Le differenze, ovviamente riguardano situazioni peculiari di ogni singolo stato ed ovviamente sono in sintonia con l'evoluzione delle condizioni strutturali relative all'uso del mezzo idrico nonché con gli sviluppi dell'ingegneria dei trasporti terrestri e marittimi (sistemi di attraversamento dei corsi d'acqua, struttura degli scali portuali, ecc.).

Per quanto riguarda la scelta dei simboli relativi ai diversi oggetti idrici e alle situazioni connesse, se in passato esse erano in pratica demandate alla fantasia e all'inventiva dei singoli cartografi e degli stessi incisori, con l'avvento della cartografia geodetica sono gli stessi corpi topografici statali che, in base alle esigenze (prevalentemente militari), decideranno, in tutta autonomia, come impostare questa parte così rilevante e significativa della rappresentazione cartografica del territorio. Ad essi si aggiungerà, col tempo, anche il contributo dei cultori delle discipline geodetiche e topo-cartografiche, autori dei primi testi scientifici di geodesia, topografia e cartografia, la cui comparsa risale già allo scorcio del XVI secolo e che si intensifica soprattutto nel XVIII e nel XIX secolo. In essi di norma sono allegati, oltre alla soluzione dei più comuni problemi geodetici e topografici, anche espliciti esempi di come eseguire la rappresentazione di tutti gli oggetti e le situazioni contenute in una carta. Tra i

nomi più noti si ricorderanno quelli di E. Vinet («L'Arpenterie», Bordeaux 1583), Ph. de la Hire («L'école des arpenteurs», Paris 1689), W. Salmon («Polygraphice or the Arts of Drawing, Limning, Painting, Washing maps, London 1675), J. Ozanam («Méthode de lever les plans et les cartes de terre et de mer», Paris 1716), Dupain de Montesson («L'art de lever les plans », Paris 1763), J. E. Hayne («Elemens de Topographie militaire», Paris 1801), e molti altri tra cui gli italiani Gaspare Vinci («Elementi di Topografia e Geodesia», Napoli 1839-40, 2 voll.) e Gaetano Palermo («Raccolta di esemplari di topografia...onde servir di guida...nei pubblici e privati lavori topografici..», Napoli 1849).

Bibliografia

ARNBERGER E. & KRETSCHMER I. (1975), *Wesen und Aufgabe der Kartographie. Topographische Karten*, F. Deuticke, Wien, 2 voll.

BARRON R. (1989), *Antiche carte geografiche*, Ediz. Orsa Maggiore, Torriana (FO), traduz. di C. Gualtieri (ediz, inglese Brocken Books 1989).

BRICKER C. & TOOLEY R. V. (1976), *Landmarks of Mapmaking*, Phaidon Press, Oxford.

DAINVILLE (DE) F. (1964), *Le language des géographes*, Picard, Paris.

ISTITUTO GEOGRAFICO MILITARE (1934), *Catalogo ragionato delle carte esistenti nella cartoteca dell'Istituto, Parte II (Carte d'Italia e delle Colonie italiane),* Firenze.

KRETSCHMER I., DÖRFLINGER J. & WAWRIK F. (1986), *Lexikon zur Geschichte der Kartographie*, F. Deuticke, Wien, 2 voll.

POTTER J. (1992), *Collecting Antique Maps. An Introduction to the History of Cartography*, Studio Edition, London (1st ed. 1988).

WALLIS H. M. & ROBINSON A. H. (1982-87), *Cartographical Innovations. An International Handbook of Mapping Terms to 1900*, Map Collector Publications & International Cartographic Association.

Bollettino dell'A.I.C., n. 121-122 / 2004

LA CARTOGRAFIA DEL PO ALL'AZIENDA REGIONALE NAVIGAZIONE INTERNA (ARNI): DAGLI ARCHIVI DEL PASSATO ALLA PRODUZIONE CONTEMPORANEA

THE CARTOGRAPHY OF THE RIVER PO AT THE REGIONAL AGENCY FOR INLAND NAVIGATION (ARNI): FROM THE HISTORICAL ARCHIVES TO THE CONTEMPORARY PRODUCTION

Davide Papotti (*), **Alberto Salarelli** (**)

(*) The University of Chicago, IL, Stati Uniti.

(**) Università degli Studi di Parma °

Riassunto

La cartografia relativa ai fiumi è uno strumento essenziale per la navigazione interna. Protagonista attuale nel settore della navigazione fluviale (con competenze sul Po e sull'Idrovia Ferrarese) è oggi la Azienda Regionale per la Navigazione Interna (ARNI) dell'Emilia-Romagna, fondata nel 1989. Il saggio si apre con alcune riflessioni generali sulle caratteristiche e le problematiche della «cartografia fluviale». In seguito l'articolo illustra sinteticamente la collezione cartografica dell'ARNI, sia quella conservata nella biblioteca e nell'archivio sia quella prodotta dall'azienda stessa. In ultimo, si effettuano alcune considerazioni sulle problematiche dell'archiviazione e della catalogazione delle carte, soprattutto in relazione alla loro riproduzione digitale.

Abstract

The cartography of rivers is an essential tool for the development of inland navigation. The Regional Agency for Inland Navigation (ARNI), founded in 1989, is an institution specifically devoted to the development of inland navigation on the river Po. This essay starts with some general reflections on the nature, the features, and the problems associated to the cartography of rivers and waterways. Then the article presents the cartographic collection preserved in the Agency's library (maps of the river Po and of the Ferrara Waterway created in the last fifty years) and illustrates the Agency's contemporary production of maps for navigators. Last, the article summarizes the problems of filing and preserving the historical and contemporary cartographic productions with the development of a digital library.

° Il lavoro di ricerca è stato svolto in comune dai due autori. La stesura dei paragrafi 1, 2, 3, 4 e 5 è stata curata da Davide Papotti, quella del paragrafo 6 da Alberto Salarelli.

1. L'Azienda Regionale di Navigazione interna

L'Azienda Regionale di Navigazione Interna (ARNI) dell'Emilia-Romagna, nata nel 1989, è l'istituzione che si occupa della gestione, tutela e promozione delle vie di navigazione in acque interne. Il territorio di competenza dell'ARNI copre l'asta fluviale del Po dalla confluenza con il Ticino al mare (per un totale di circa 390 km), il tratto di Ticino che va da Pavia al Ponte della Becca (di circa 8 km) e l'idrovia ferrarese. Quest'ultima, della lunghezza di circa 70 km, collega il fiume Po e la città di Ferrara alla località di Porto Garibaldi, sul mare Adriatico.

Le attività dell'ARNI comprendono il monitoraggio e la gestione delle vie fluviali, la produzione e la manutenzione della segnaletica per la navigazione, la gestione di infrastrutture per la navigazione, attività di manutenzione, progettazione, direzione lavori, consulenza e studio, compiti di polizia fluviale e di promozione turistica. L'ARNI ha la propria sede presso lo storico cantiere di Boretto (Reggio Emilia). A Ferrara vi è un ufficio operativo con competenze sull'idrovia ferrarese[1]. Attualmente, l'ARNI si inserisce in un complesso panorama istituzionale di competenze sul fiume e sulle aree golenali, che prevede un dialogo costante fra A.I.PO (Agenzia Interregionale per il Po), Autorità di bacino, Ente Regionale Porti di Mantova e Cremona, enti locali, Consorzi di Bonifica e altre istituzioni pubbliche e private[2].

2. Caratteristiche della cartografia fluviale

La cartografia fluviale presenta specifiche caratteristiche che ne influenzano la natura e le proprietà. Una prima caratteristica è legata alla natura fisica dell'oggetto da cartografare, un fiume o un'idrovia. La struttura lineare di queste fattezze territoriali risulta graficamente ed editorialmente in vere e proprie «strisce cartografiche». La rappresentazione grafica assume cioè l'aspetto di un «corridoio» di territorio il cui baricentro è sempre legato all'asse fluviale. Visto che nella maggior parte dei casi, e certamente nel caso del Po, il fiume non è stato e non è spina dorsale del processo di territorializzazione, il risultato è un inquadramento dello spazio alternativo e in contrasto con le consuete partizioni cartografiche basate sulle divisioni amministrative. La sproporzione dimensionale fra la lunghezza dell'elemento da cartografare (il fiume) e la sua larghezza, vista la necessità di conservare una scala omogenea, risulta in una forma estremamente allungata della riproduzione cartografica, che viene ad assumere le caratteristiche di un «rotolo» più che di una

[1] Per una storia più approfondita dell'area cantieristica di Boretto e della storia dell'ARNI si rimanda a Azzi, Papotti, Salarelli, 1992 e Bonilauri, Maugeri, 1992. Per un panorama delle attività svolte dall'ARNI si rimanda al sito web dell'azienda: <http://www.arni.it>.

[2] Per un sintetico quadro storico della trasformazione del fiume Po nel corso del Novecento ad opera di interventi ingegneristici cfr. Papotti, 2003.

normale mappa. Per questa ragione la scala cartografica raramente è essere molto dettagliata. Adottare una scala di precisione (1:10.000 o anche 1:25.000) significa essere obbligatoriamente costretti a dividere la rappresentazione cartografica in diverse tavole. Il rapporto con la realtà territoriale circostante, inoltre, diventa un problema preliminare che si riflette nella composizione cartografica, oscillando fra un'enfasi concessa al sito fluviale (la scelta di rappresentare la sola area del corso d'acqua e delle sue rive) ed un'enfasi concessa alla sua posizione geografica (l'immersione del fiume in una rete territoriale complessa che porti a contestualizzarne la localizzazione).

Un secondo ordine di problemi caratteristico della cartografia fluviale è quello del dinamismo dell'elemento idrografico. Il fiume è un elemento mobile che sposta ingenti quantità di materiali in sospensione, varia il suo livello di portata a seconda delle stagioni e dell'andamento meteorologico, erode e deposita lungo le rive. La sua vita idraulica si riflette in una continua variazione del profilo del suo corso. A maggior ragione se il fiume, come nel caso del Po, è a scorrimento libero, cioè non regolato e bacinizzato attraverso serie di sbarramenti artificiali[3]. Il prodotto cartografico, per essere accurato e attendibile, ha dunque bisogno di un costante aggiornamento, che a sua volta richiede un monitoraggio accurato, puntuale e frequente della situazione sul campo.

Una terza caratteristica della cartografia fluviale è quella, comune anche alle rappresentazioni delle aree costiere e lacustri, della doppia natura dell'oggetto da rappresentare su carta. Nel sistema idrografico, infatti, occorre rappresentare una altimetria (l'elevazione delle sponde, delle scarpate, dei terrazzi, l'andamento morfologico dell'area peri-fluviale) ed al contempo una batimetria (la profondità delle acque del fiume, peraltro costantemente in evoluzione). Questa doppia natura informativa determina la necessità di una variegata simbologia rappresentativa, pronta ad agire, per così dire, su due fronti contemporaneamente, ed una rilevante competizione grafica sullo spazio della carta.

Una quarta caratteristica, di natura contestuale, è quella legata alla funzione confinaria di frequente svolta dai fiumi, che fa sì che le due opposte sponde cadano sotto regimi amministrativi diversi. Questo *status* di frontiera mette una di fronte all'altra, nel caso del Po, diverse basi cartografiche regionali, differenti politiche cartografiche e variabili ambiti di gestione amministrativa, con i prevedibili problemi di coordinamento e di armonizzazione. La cartografia fluviale vive gli svantaggi e i problemi di una cartografia necessariamente «di confine».

In ultimo, la cartografia fluviale, come molte altre tipologie cartografiche, è chiamata ad una flessibile multifunzionalità, a dover essere «servitrice di più padroni». Anche rimanendo nel campo

[3] L'unico sbarramento artificiale presente nel tratto navigabile del fiume Po si trova ad Isola Serafini, a monte di Cremona.

delle due tipologie primarie, navigazione commerciale e navigazione turistica, si riscontrano alcune differenze nelle esigenze informative. Se la prima forma è infatti particolarmente interessata ad aspetti tecnici (profondità, raggio di curva, presenza di attracchi adeguatamente dimensionati, luoghi di rifornimento carburante, ecc.), la seconda abbisogna anche di un apparato esplicativo ed informativo dedicato alle attrazioni ambientali e culturali. Una carta fluviale, inoltre, può servire anche ad utenti «terrestri» (pescatori, cicloturisti, *bird-watchers*, escursionisti, ecc.). Ogni fascia di utenza cerca sulla carta caratteristiche diverse e differenti apparti informativi di corredo. Le carte che rappresentano le aree fluviali, inoltre, servono anche al pianificatore per la progettazione di infrastrutture in alveo, nella zona golenale o nelle aree immediatamente circostanti. La cartografia idrografica si presenta dunque nella sua veste ideale come una forma versatile e dotata di complementari strati informativi.

3. La cartografia fluviale dell'ARNI come memoria storica e operativa

L'ARNI rappresenta una sorta di «memoria storica» del fiume Po, il maggior fiume italiano non solo per lunghezza ma anche per ruolo nell'ambito dei trasporti. Il cantiere di Boretto, che ancora oggi ospita la sede dell'Azienda, risale come struttura edilizia al primo dopoguerra. La stratificazione della documentazione amministrativa e operativa dell'azienda, attraverso le varie fasi istituzionali da essa attraversate, copre un periodo di ottanta anni. Nonostante la notevole frammentarietà dell'attuale collezione bibliotecaria, dovuta alle complesse peripezie istituzionali ed alla dispersione delle competenze assegnate a diversi enti indipendenti l'uno dall'altro, la collezione archivistica e bibliotecaria dell'ARNI rappresenta un caso unico nella realtà nazionale italiana. Negli ultimi anni si è avviata un'opera di riorganizzazione del materiale bibliografico ed archivistico e si è messa a fuoco una politica mirata di acquisizioni e di scambi di materiale.

L'azienda possiede oggi una ricca biblioteca specializzata soprattutto nel settore della navigazione fluviale, con sezioni dedicate anche alla storia e alla cultura delle province rivierasche e alla promozione turistica delle aree fluviali. Il patrimonio librario, non ancora interamente catalogato, si aggira sui duemila volumi, accompagnato da una notevole massa di opuscoli, estratti, articoli, volantini e altro materiale non rilegato. La collezione bibliografica dell'ARNI si è recentemente arricchita grazie all'acquisto del «Fondo Della Luna», che ha portato presso la sede di Boretto la biblioteca l'archivio di lavoro dell'ingegner Gabriele Della Luna (1928-2003), una delle figure di spicco dell'ingegneria fluviale italiana (Galvani, 2003). Il fondo, attualmente in via di catalogazione, si aggira sui seicento volumi, e comprende anche diverse collezioni di riviste tecniche di settore e un intero archivio professionale di lavoro di una carriera durata circa quarant'anni.

All'interno di questa notevole messe documentaria relativa alla navigazione

fluviale e al fiume in generale, il ruolo della cartografia risulta di notevole interesse. A parte un ristretto numero di esempi in cui una carta fluviale viene pensata come un oggetto a sé, come un prodotto finito ed indipendente, nella maggior parte dei casi si riscontra invece una presenza accessoria di cartografia fluviale all'interno di volumi, riviste, articoli dedicati al fiume, unitamente ad una notevole mole di «cartografia di lavoro» legata all'elaborazione di progetti ingegneristici. La cartografia fluviale emerge da queste collezioni cartacee come una cartografia sussidiaria di una pratica di lavoro (una cartografia «strumentale») e come una cartografia accessoria e di accompagnamento (una cartografia «complementare»); raramente come una cartografia indipendente che si presenti come un prodotto finito pronto all'utilizzo da parte di un pubblico allargato.

4. La cartografia del Po e della Idrovia Ferrarese nel secondo dopoguerra

La storia della cartografia fluviale, come quella di altre cartografie tematiche, è in un certo senso «presbite», nel senso che di frequente vede meglio da lontano (cronologicamente parlando) che da vicino. Si occupa dunque più volentieri di collezioni storiche dei secoli passati che della produzione dei decenni appena trascorsi[4]. La collezione dell'ARNI, al contrario, sollecita l'interesse e suggerisce l'importanza della ricostruzione di un percorso di cartografia che è troppo recente per essere già appannaggio degli studi di prospettiva storica, e troppo vecchio per essere ancora sul tavolo dell'utilizzo quotidiano. Si tratta di una memoria tecnica recente ma a facile rischio di oblio. Nel caso della cartografia fluviale del fiume Po e delle idrovie ad esso collegate questa produzione forma una «zona grigia» di cartografia che copre gli ultimi cinquant'anni, e che si cercherà qui di schizzare in una sorta di «albero genealogico».

Tra 1953 e 1956 si effettuò un rilievo aerofotogrammetrico del fiume Po dalla confluenza del Ticino al mare, che portò alla realizzazione, nel 1961, da parte della Sezione Autonoma per il Po del Magistrato per il Po, di una carta a colori in dieci tavole a scala 1:50.000. Il rilievo fu successivamente utilizzato per una ristampa a cura dell'Associazione Motonautica di Pavia (1965) e per una successiva edizione a cura dell'Ufficio Speciale del genio Civile per il Po del Magistrato per il Po (1967).

La «*Prima carta turistica del Po*» come recita la stessa copertina dell'opera, fu realizzata nei primi anni Settanta a cura di Renzo Bernardelli. L'originale non presenta nessuna indicazione cronologica relativa alla data di uscita, ma le indicazioni bibliografiche citate nel testo indicano il termine *post quem* nel 1970. Occorre attendere il 1985 per assistere

[4] Per un esempio di studio sulla cartografia fluviale storica, con esemplificazioni didattiche di lettura, cfr. Cavazzana-Romanelli, Casti Moreschi, 1985.

alla produzione di due nuove carte, la *Carta Turistica Fiume Po da Piacenza al Delta*, in scala 1:100.000, realizzata dal servizio cartografico del Touring Club Italiano, e la carto-guida *Il fiume Po da Torino al delta*, in scala 1:50.000, curata da Detlef Musielak per l'editore Belletti.

Per quanto riguarda invece l'idrovia ferrarese, la prima carta del dopoguerra viene edita dall'Ufficio Speciale del Genio Civile per il Po di Parma nel 1963. La *Carta di Navigazione*, in tre fogli a scala 1:50.000, si accompagna ad altre 12 tavole che coprono il Canal Bianco, il Canale di Valle e la laguna veneta. Successivamente, nel 1971, una dettagliata *Carta di navigazione dell»Idrovia Ferrarese*, in 17 tavole a scala 1:10.000, viene pubblicata a cura dell'Ufficio del Genio Civile di Ferrara. Occorre attendere il 1994 perché l'Ufficio di Ferrara dell'ARNI metta in circolazione una nuova aggiornata *Carta di navigazione dell'Idrovia Ferrarese*, in 24 tavole a colori a scala 1:10.000.

5. La produzione cartografica contemporanea dell'ARNI

Intercettando un diffuso bisogno di cartografia presente fra gli utenti e i frequentatori del fiume Po, peraltro in continua crescita grazie a diverse iniziative nazionali ed internazionali (Papotti, 2004), l'ARNI ha affiancato alla costruzione della cartografia digitale del Po, ultimata proprio quest'anno[5], la pubblicazione in cartaceo di alcune carte tematiche. La prima, la *Carta turistica degli attracchi del fiume Po*, edita nel 2001, copre il tratto che va da Pavia alla foce, e si accompagna ad un'operazione di censimento degli attracchi per la navigazione. La carta è a scala 1:200.000, copre solamente l'area immediatamente circostante le rive, senza rappresentare il resto del territorio, e fornisce le informazioni di base relative a ciascuno dei 56 attracchi censiti (cfr. Ielo, 2002). La seconda carta realizzata si concentra invece su un tratto della sponda destra del fiume: *Il Po di Reggio Emilia: carta turistica dei comuni rivieraschi della provincia di Reggio Emilia*, del 2002. La terza è una *Carta di navigazione dell'Idrovia Ferrarese*, a scala 1:50.000, uscita nel 2003.

Queste carte, peraltro prodotte in proprio dal personale dell'ARNI e distribuite gratuitamente fino ad esaurimento delle scorte, rappresentano una risposta flessibile alla cronica carenza di una cartografia aggiornata del fiume Po e delle idrovie ad essa collegate. Proprio in quanto pensate e concepite come realizzazione non commerciale ed effettuata a costi ridotti, senza la programmazione di nuovi rilievi e di nuove basi cartografiche, esse però non risolvono il problema di una dotazione completa ed aggiornata di prodotti cartografici a stampa per la navigazione, ma perlomeno rappresentano un concreto punto di partenza e un'iniziativa che auspicabil-

[5] Di questo specifico tipo di cartografia si occupa il dott. Luca Crose in un suo intervento al Convegno Nazionale AIC di Imola.

mente può avere una funzione di «alfabetizzazione cartografica» per gli utenti del fiume.

6. Digitalizzare per valorizzare

Sono molte le biblioteche che hanno avviato negli ultimi anni progetti di digitalizzazione del loro patrimonio cartografico. Vengono spesso citati esempi di importanti istituzioni, come la Bibliothèque Nationale de France con *Gallica*[6] o la Library of Congress con *American Memory*[7], che hanno impegnato imponenti risorse per riordinare e digitalizzare i propri fondi in modo da sfruttare le possibilità di trasmissione di Internet allo scopo di far conoscere le loro collezioni ad un pubblico più vasto.

Le biblioteche che hanno iniziato o stanno considerando l'opportunità di avviare dei programmi di digitalizzazione prendono questa decisione per diversi motivi, ad esempio:

- accesso immediato;
- accesso più facile a singole parti di opere;
- possibilità di conservare opere fragili o rare, rendendole accessibili come surrogati digitali;
- estendere le possibilità di ricerca, ad esempio in modalità *full-text*;
- possibilità di integrare diversi supporti, come immagini, video e suoni;
- diminuire i costi della trasmissione dei documenti e nello stesso tempo soddisfare le richieste di copie;
- possibilità di riunire in modo virtuale collezioni disperse in diverse localizzazioni ma appartenenti ad un medesimo filone.

Se vogliamo ricondurre questi indubitabili vantaggi sotto un unico principio unificante, dobbiamo considerare come la funzione di valorizzazione sia basilare nell'applicazione delle tecnologie specifiche delle *digital libraries* nell'ambito di un intervento su un patrimonio cartografico conservato presso un'istituzione come, nella fattispecie, la biblioteca dell'ARNI. Infatti la possibilità di portare alla conoscenza di un pubblico potenzialmente smisurato mappe e carte geografiche poco conosciute o fuori pubblicazione si rivela come un'operazione paragonabile a un vero e proprio processo di scavo all'interno di collezioni relegate alla polvere dei depositi, letargo inglorioso per tante opere disposte benevolmente a essere risfogliate non solo dall'occhio indagatore dello specialista ma anche da quello curioso o appassionato del cosiddetto «lettore comune».

Per questo motivo, se siamo convinti che i beni culturali siano portatori di valori immateriali per tutta la collettività, è doveroso – da parte delle istituzioni preposte alla loro custodia – agire anche in favore della loro valorizzazione, funzione da intendersi come quel complesso di «attività dirette a promuovere la conoscenza del patrimonio culturale e ad assicurare le migliori condizioni di utiliz-

[6] <http://gallica.bnf.fr>.
[7] <http://memory.loc.gov>.

zazione e fruizione pubblica del patrimonio stesso», per dirla con le parole del nuovo Codice dei Beni Culturali e del Paesaggio[8].

La valorizzazione di un bene culturale, non potendo ovviamente consistere nell'accrescimento del valore della creazione intellettuale di cui il bene è portatore, se da un lato si traduce in un processo di «emersione» dell'opera dalle nebbie dell'oblìo, dall'altro si pone come una nuova modalità di presentazione del bene stesso.

Un aspetto ulteriore merita di essere sottolineato. La costruzione di una nuova biblioteca digitale generalmente non avviene nell'ambito di un territorio neutro, nel senso che non è raro veder nascere una nuova risorsa in un ambito che già consta di servizi più o meno tecnologicamente avanzati rivolti a una determinata utenza. Ciò impone la necessità di valutare con attenzione il livello di integrazione tra la nuova risorsa e la realtà nel quale essa va a inserirsi; si pensi - per esempio - alla necessità di definire in modo corretto il livello di integrazione catalografica fra le differenti collezioni: per esempio tra quella di cartografia contemporanea e quella storica, o tra le collezioni di mappe e carte geografiche e quelle librarie. Infatti un'attenta valutazione del contesto di implementazione di una nuova biblioteca digitale è un presupposto necessario per una elementare ma imprescindibile pianificazione progettuale. Si consideri che una biblioteca digitale è una risorsa destinata a durare nel tempo e dunque, per garantire la persistenza delle proprie funzionalità nel corso degli anni, l'architettura ed il disegno del sistema devono presentare quei caratteri di autonomia dalle funzioni di interfaccia allo scopo di poter attuare in futuro trasmigrazioni di dati senza perdite significative.

Bibliografia

AZZI E., PAPOTTI D., SALARELLI A., *Il Po e l'idrovia ferrarese. L'A.R.N.I. e la sua evoluzione nel tempo*, Boretto (RE), A.R.N.I., 1992.

BONILAURI F., MAUGERI V., a cura di, *Il Museo del Po. Linee progettuali*, Bologna, Analisi, 1992.

CAVAZZANA ROMANELLI F., CASTI MORESCHI E., a cura di, *Laguna, lidi, fiumi. Esempi di cartografia storica commentata*, Venezia, Archivio di Stato-Regione Veneto-I.R.R.S.A.E., 1985.

GALVANI I., «L'ing. Gabriele Della Luna», *Qui Po. Quindicinale di informazione sul Po e l'Idrovia ferrarese*, 2, n.6, 15 giugno 2003, p. 6.

IELO G., «Le attività dell'ARNI per promuovere il turismo fluviale», *Qui Po. Quindicinale di informazione sul Po e l'Idrovia ferrarese*, 1, n. 4, 15 luglio 2002.

PAPOTTI D., «Gli ingegneri del Po», in E. AZZI, A. SALARELLI, a cura di, *Gli uomini del fiume. I mestieri del Po*, Mentiva, Sometti, 2003, pp. 11-27.

–, «Una tipologia turistica 'minore': la navigazione sul medio corso del fiume Po», in F. ADAMO, a cura di, *Atti delle giornate del turismo 2001-2002*, Bologna, Pátron, 2004, in corso di stampa.

[8] *Codice dei beni culturali e del paesaggio*, (Decreto legislativo 22.01.2004 n° 41, G.U. 24.02.2004), art. 6 - «Valorizzazione del patrimonio culturale».

LA CARTOGRAFIA STORICA DELLE ACQUE FONTE INDISPENSABILE PER LE RAPPRESENTAZIONI CONTEMPORANEE DEI LUOGHI FLUVIALI. I CASI DELL'ORCO E DEL TICINO

WATER HISTORIC CARTOGRAPHY, AN INDISPENSABLE SOURCE FOR THE CONTEMPORAY REPRESENTATIONS OF THE RIVER PLACES: THE CASES OF ORCO AND TICINO RIVERS

Dino Barrera (*), **Matteo Garbarino** (*), **Nora Sekawin** (*), **Sabina Villa** (*)
(*) Università degli Studi di Torino, Dipartimento di Economia e Ingegneria Agraria, Forestale e Ambientale.

Abstract

In this message we want to investigate the first part of a methodology concerning an utilitarian approach to the maintenance of the riversides and, meanwhile, a naturalistic approach to the so-called hydraulic-works that may bhe comprised in «sustainable projects».
The method, denominated B.G.G.S.V. (acronym deduced from the name of the authors) have been described, in first approximation, in a recent message produced at the congress Ticino Hydraulic Aplomb, (TICINO SICUREZZA IDRAULICA) of March 2004, in Cameri, the seat of Ticino Park. This method derive (result) from geographic studies developed in the first Eighty years, inside a Convention between University of Turin and Piemont Region about historic cartography, from a text by Dino Barrera, entitled Historical Cartography and History of places (Cartografia storica e storia dei luoghi) presented in 1984 in Cagliari (Sardinia), from some researchs concerning the rivers Orco and Ticino, particulary focused on hydraulic works, water régime, and agricultural and industrial use of waters. Such studies generated the founder commencements of IC.A. (Institute of Water Cartography – istituto di cartografia delle Acque) of Turin. We can associate to such studies about cartographic representation of the river places we can associate the techniques of orthophotographic representation and deduce from this association a method for selecting informations for a modern water cartography.
In this seat we want to pick out a methodology of codification to prepare a protocol for analisyzing historic cartography and archive materials referable to itself like big scale restitutions, the relif maps connected to the quarrels, the projects and the hydrulics works and water régimes.

Premessa

S'intende in questa sede approfondire la prima parte di una metodologia di approccio alla conoscenza, alla rappresentazione ed alla manutenzione delle sponde fluviali e, nel contempo, un approccio naturalistico alla costruzione di opere idrauliche contemporanee da inserire in «progetti sostenibili» di regimazione, controllo ed uso.

Il metodo, denominato B.G.G.S.V. (acronimo desunto dal cognome degli autori) è stato descritto in in prima approssimazione in una recente comunicazione presentata al convegno «TICINO SICUREZZA IDRAULICA» dello scorso marzo, tenutosi a Cameri presso il Parco del Ticino.

Tale metodo deriva da studi geografici avviati nei primi anni Ottanta all'interno di una Convenzione tra il Politecnico di Torino e la Regione Piemonte relativa alla cartografia storica, da un testo di Dino Barrera, dal titolo *Cartografia storica e storia dei luoghi*, presentato nel 1984 a Cagliari, e da alcuni studi relativi al torrente Orco ed al fiume Ticino, in particolare rivolti alle opere idrauliche, alla regimazione, ed all'uso agricolo ed industriale delle acque. Tali studi generarono in quegli anni i principi fondativi dell'ICA (Istituto di Cartografia delle Acque) di Torino.

Agli studi riferiti alla rappresentazione cartografica dei luoghi fluviali si associano le tecniche di rappresentazione ortofotografica, e da questa associazione si desume un metodo di selezione delle informazioni per una moderna cartografia delle acque finalizzata alla pianificazione, alla gestione degli eventi modificatori ed al patrimonio vegetale, alla fruizione ed all'uso turistico – ambientali.

Il metodo che si propone ritiene la Cartografia Storica una fonte *indispensabile* d'informazione per la corretta ed utile rappresentazione dei luoghi fluviali e per la selezione degli oggetti, delle misure e delle linee da presentare nella cartografia contemporanea.

Il rilievo assegnato a questi documenti richiede la messa a punto di una metodologia di consultazione e codificazione, per approntare un protocollo di analisi della Cartografia Storica e dei materiali d'archivio ad essa afferibili quali le restituzioni a grande scala, i rilievi allegati alle liti, i progetti e le opere idrauliche e di regimazione e d'uso delle acque.

Utilità della cartografia storica ai fini della raccolta di dati e di informazioni, e dell'individuazione di un metodo selettivo per la formazione di cartografie attuali

Nella rappresentazione contemporanea dei luoghi fluviali è necessario tener conto di alcuni elementi peculiari.

Innanzitutto, la definizione stessa di «luogo fluviale» implica un ampliamento di visuale, dalla rappresentazione del corso d'acqua come elemento a se stante, alla sua considerazione come elemento dinamico nella costruzione o modificazione di luoghi, di ambienti, di paesaggi.

Il corso d'acqua non può quindi esse-

re disgiunto dal suo intorno inteso come ambiente peculiare e di pertinenza.

In passato, infatti, le rappresentazioni cartografiche di fiumi e corsi d'acqua avevano un carattere principalmente utilitaristico: definizione di strategie di controllo e regimazione delle acque, progettazione e gestione dell'uso dell'acqua a fini economico-produttivi, problematiche legate all'uso dei corsi d'acqua come elementi di confine, ecc.

In tutti questi casi le rappresentazioni del corso d'acqua erano focalizzate principalmente sull'alveo, dovendo risolvere sostanzialmente il problema di rappresentare in modo il più possibile precisa un elemento per sua natura instabile e mutevole nel tempo, qual è una massa d'acqua in movimento, riducendola entro confini certi e definiti.

Le rappresentazioni attuali dei corsi d'acqua devono rispondere ad esigenze diverse e più complesse, che possiamo così sintetizzare:

- esigenze di rappresentazione della dinamica fluviale per la prevenzione di rischi e catastrofi; a differenza del passato, l'accento è spostato sempre meno sulla progettazione di opere ingegneristiche ed idrauliche, e sempre più verso la comprensione della dinamica del corso d'acqua nel suo complesso e rispetto al suo intorno;
- una lettura ecosistemica finalizzata alla tutela delle biodiversità e della varietà di paesaggi; in questo tipo di lettura assume grande importanza, accanto al problema delle definizione spaziale dell'ambito da rappresentare, la dimensione tempo, sia passato, riferito cioè ad una storia evolutiva che ha prodotto l'assetto attuale, sia futuro, come momento di arrivo di un'evoluzione in atto, o come traguardo di politiche di governo o di riconversione di tale evoluzione;
- un uso della cartografia e di altre forme di rappresentazione finalizzato all'approccio all'ambiente fluviale in termini di turismo, di «loisir», di svago; anche in questo caso la rappresentazione non può limitarsi al solo corso d'acqua, ma deve necessariamente concernere il «luogo fluviale», inteso come paesaggio, o successione di paesaggi, collegati al corso d'acqua, più o meno raggiungibili e percorribili, e letti anche nelle loro valenze di testimonianza storica.

Ne consegue che nella rappresentazione contemporanea dei luoghi fluviali la dimensione diacronica è fondamentale per coglierne il carattere di «sistemi in evoluzione», in cui il ritmo ed i tempi del cambiamento sono dati dal movimento delle masse d'acqua, dalle loro divagazioni, dalla loro capacità di costruire paesaggi ed ambienti sempre nuovi e diversi.

Diviene quindi strategico il ricorso a fonti storiche non solo quantitavie, la cui utilità è tuttavia subordinata alla possibilità di confronto e sovrapposizione di rappresentazioni realizzate in tempi e modi differenti. I documenti storici (cartografie, macro progetti...) riferiti ai fiumi risentono, infatti, della velocità dei cambiamenti che investono gli ambiti fluviali, e sono quindi organizzati in serie diacroniche più o meno fitte a seconda dei tempi di tali cambiamenti, del tipo di uso della risorsa d'acqua, delle

modalità di trasformazione dei territori all'intorno.

La cartografia storica

La cartografia storica ed i progetti relativi alle acque costituiscono importante fonte per la comprensione e la rappresentazione attuale dei luoghi fluviali.

Infatti, la cartografia storica delle acque, a differenza di quella relativa ad altri elementi, può essere più densa e più ricca di informazioni poiché deve misurarsi con un elemento naturale in continua trasformazione e, spesso (come nel caso del Ticino), soggetto a cambiamenti e modifiche d'uso (e quindi politiche) dovute a una storia articolata e complessa di possedimenti alterni lungo le sue sponde.

La revisione delle fonti storiche può procurare una base per un recupero corretto di alcune parti dell'area di studio, fornire importanti spunti per un ripristino delle aree fluviali, permettere di effettuare una rivisitazione tecnica, nel rispetto di un concetto di tutela di un luogo e di un paesaggio – con la sua storia e con i suoi «caratteri» –, così come lo si concepisce oggi.

Il metodo

1) Nell'uso della cartografia e dei documenti di progetto, in riferimento all'ausilio che se ne può avere oggi per la costruzione di cartografie attuali, si può ragionare secondo scale metriche di diversa grandezza.

In senso più preciso si può dire che: le cartografie del territorio e del fiume, a grande scala, forniscono principalmente notizie sulla storia dei luoghi che attorniano e costituiscono le valli dei fiumi considerati; esse, infatti, non descrivono solo l'alveo: raccontano anche le infrastrutture esistenti, spesso la presenza o meno del bosco, le costruzioni esistenti, i tipi di coltivazioni, le modifiche apportate al corso d'acqua, la costruzione di alcune grandi opere che ne modificarono l'andamento, la struttura ecc.

Informano, insomma, anche sugli elementi connessi, interdipendenti e costitutivi un corso d'acqua, nel suo divagare e nella capacità di costruire e modificare quell'ambiente che noi chiamiamo fiume.

Possono quindi essere utilizzate come fonte per la redazione della cartografia attuale, se analizzate prima per sovrapposizioni e confronti di superposizione, in seguito confrontandole con il reale e con l'attuale, per giungere ad una precisione di informazione, ma non solo.

Infatti, l'uso principale, riguarda la conoscenza della costruzione di un luogo: se ne evinceranno cioè gli sviluppi e le trasformazioni, i principali caratteri economici e politici che serviranno a giungere alla comprensione dell'area di studio.

L'analisi di tali cartografie permette di capire come si è modificato nel tempo l'andamento di un fiume e del suo intorno.

2) Tuttavia, per giungere alla precisione delle attuali rappresentazioni di un corso d'acqua del suo territorio, le carte

storiche non sono assolutamente sufficienti.

Vengono allora in ausilio quei progetti puntuali di cui abbiamo accennato ed a cui dobbiamo rivolgerci nella seconda fase che sono gli studi ed i progetti che hanno caratterizzato la storia degli interventi materiali sul fiume.

Si tratta, cioè, dei disegni di ponti, derivazioni, bocche, ripari, chiuse, canali, navigli, salti d'acqua, dighe, e altre opere eseguiti da progettisti del tempo che, a differenza delle carte a scala geografica, forniscono misure precise di rilievi specifici, calcoli per progetti sulle portate d'acqua ed questioni idrauliche per la realizzazione di opere che sono state eseguite nel fiume. La lettura, l'analisi e l'interpretazione di tali documenti permette di avere dei precisi riferimenti di strutture ancora esistenti che possono essere molto significative per la costruzione di nuove carte.

Si potrebbe dire che proprio le opere di ingegneria e di idraulica sul fiume, sono per noi ancora dei punti cui riferirci per lo studio di un elemento naturale caratterizzato dall'aletorietà delle sue continue trasformazioni, così mutevole e soggetto a trasformazioni proprio per sua natura intrinseca.

3) Il confronto delle cartografie, dei progetti e delle realizzazioni storiche con la situazione attuale e, in particolare con le opere antiche ancora esistenti, fornirà un finale punto di ancoraggio ai rilevamenti necessari per la costruzione della cartografia attuale.

Le fasi di indagine e studio sopradescritte sono entrambe necessarie al lavoro del cartografo, il quale, avvalendosi oggi di tutte le metodologie e le tecnologie recenti, possiede ormai strumenti di ausilio e di supporto al suo lavoro (aerofotogrammetria, telerilevamento, georeferenziazione, ortorettifiche, ortoimmagini).

Queste ultime sono attualmente gli strumenti ottimaie per l'elaborazione di immagini cartografiche attuali. Con le due operazioni dell'ortorettifica e dell'elaborazione si possono infatti interpretare alcuni dati del fotogramma e rilevare informazioni utili alle finalità che l'elaboratore delle carte si prefigge.

Altro sistema consiste nella rettificazione di carte storiche (tramite diverse operazioni quali la scansione prima, e in seguito una procedura particolare che permette di georeferenziare le carte storiche e riportarle su un software utilizzato dalla cartografia attuale) per poi confrontarle con carte recenti e vedere, di conseguenza, le trasformazioni avvenute[1].

Le sperimentazioni di tale metodologia, già affrontate in diverse ricerche[2] ha dato luogo a interessantissimi risultati per la gestione contemporanea del fiume relativamente alle questioni indicate nelle premesse.

Segue qui la sintesi di due ricerche ef-

[1] VASSALLO, N., GODONE, D., *Rilevanza attuale della cartografia storica per applicazioni geoambientali: la confluenza Orco-Po*, in Atti della VII Conferenza Nazionale ASITA, Verona, 28-31 ottobre 2003.

[2] GODONE, D., VASSALLO, N., *Elaborazioni e confronti in ambiente GIS della cartografia storica relativa alla confluenza Orco-Po*, Rapporto interno CNR-IRPI, torino, n. 2/2003.

fettuate negli anni Ottanta sui documenti storici del torrente Orco e del fiume Ticino. Due casi studio che vogliono suggerire come la ricerca storica possa essere di grande aiuto alle attuali necessità di rappresentazione e gestione di luoghi fluviali.

D) I casi dell'Orco e del Ticino

L'Orco

L'Orco situato a Nord-Ovest di Torino, nasce dal gruppo del Gran Paradiso. È fiume di provenienza glaciale che scorre per un certo tratto in una zona alpina con un deflusso ripido e successivamente in una zona di pianura, sfociando nel Po nei pressi di Chivasso.

Nel Medioevo divenne il confine tra il Ducato di Savoia e il Marchesato del Monferrato, rappresentò quindi a lungo il luogo di controversie tra i proprietari dei terreni situati lungo le sue sponde.

Il fiume venne utilizzato, a partire dal XVI secolo come risorsa per l'irrigazione dei campi caratterizzati da una struttura agricola mista e diversificata originaria del basso medioevo, con un'alternanza di coltivazioni e allevamento; un regime economico in cui prevalsero soprattutto l'alteno e il prato irriguo stabile. In questo periodo il luogo fu caratterizzato dalla costruzione dei canali irrigui (vedasi il Canale Caluso che si diparte proprio dall'Orco e sfocia nella Dora[3]) che servivano alle diverse coltivazioni e, in particolare, a quella della vite.

Verso la fine del XVIII secolo divenne invece la principale fonte di energia per la proto industria prima e per l'industria poi, che ne sfruttava i numerosi salti d'acqua. Pertanto il torrente venne utilizzato per la realizzazione di mulini ed edifici industriali metallurgici che divennero poi la base economica del canavese occidentale facendo contare la presenza di circa cento impianti lungo il suo corso.

Sul fiume Orco i documenti storici, reperibili negli archivi locali, datano dalla fine del XVI secolo fino alla metà del XIX e sono un gran numero.

La cartografia e i progetti sono conservati presso alcuni dei paesi del Canavese (Archivio storico di S.Giorgio Canavese, Archivio storico di Mazzé, Archivio storico di Valperga, Archivio storico di Castellamonte) e, in gran parte, presso l'Archivio Storico e l'Archivio di Stato[4] del Comune di Torino[5].

Si tratta di cartografie realizzate per stabilire i confini, topografie dei luoghi limitrofi al corso d'acqua, mappe cata-

[3] C. Franco, A. Mazzotta, S. Villa, *Il Canale Caluso* in *Ecomusei e paesaggi*, a cura di C. Ronchetta e A.Massarente Lybra, Milano, 2004.

[4] Si citano alcuni documenti conservati presso questo archivio: *Carta dimostrativa del corso dell'Orco (...)*, s.d.; Luigi Forneri, *Tipo regolare rappresentante una parte del fiume Orco decorrente sopra il territorio di Civasso...*, 1776; Contini, *Tipo regolare del fiume Orco nel tratto dove si deriva il Regio Canale denominato di Calusio*, 1793.

[5] Barrera, Dino, *Cartografia storica e storia dei luoghi*, in La Memoria lunga, a cura di Paola Bertolucci e Rino Pensato, Atti del Convegno, Cagliari, 28-30 aprile 1984, Ed. Bibliografica, Milano, pp. 297-310.

stali e carte più recenti dello Stato Sabaudo. Oltre a queste fonti si possono ritrovare disegni e progetti più puntuali riguardanti opere idrauliche da realizzare sul fiume per derivazioni di rogge, modifiche dell'alveo, realizzazioni di opere idrauliche connesse ad usi che vanno dalle esigenze agricole o industriali, a quelle di una necessità di controllo delle acque per problemi di piene, alluvioni ecc.

Il Ticino

Il fiume Ticino è un corso d'acqua diverso, di rilevante importanza e maggiore grandezza. Il suo corso in un primo tratto di montagna, diventa di pianura, a partire dal Lago Maggiore.

La storia dell'uso di questo fiume è ricca e complessa, gran parte dei documenti connessi a questa storia sono da ricercare nei luoghi dei comuni limitrofi oltre che in alcuni capoluoghi di provincia.

La cartografia attualmente ancora consultabile presso gli archivi pubblici, è attualmente conservata presso vari enti; principalmente la si può ancora reperire e consultare presso gli archivi di Novara, Parma, Torino e alla Magistratura del Po.

La carte qui custodite sono dei secoli XVIII e XIX, eseguite da una serie di architetti e ingegneri militari, agrimensori, misuratori, che operavano sul fiume per committenze reali o private con scopi diversi.

Essi si occuparono sia della progettazione del territorio, sia della gestione delle acque del Ticino con progetti idraulici di diversa importanza eseguiti lungo il suo corso.

Data la lunghezza e l'importanza di questo fiume, esse si riferiscono a disparati interventi effettuati in diverse parti del territorio.

Gli argomenti affrontati da questi documenti sono:

da una parte carte a scala geografica (e quindi: descrizioni e rilievi di parti del territorio – soprattutto del Novarese – del fiume Ticino o dei fiumi ad esso connessi), dall'altra progetti specifici e puntuali per la realizzazione di opere idrauliche sul fiume che specificano imbocchi, derivazioni, chiuse, canali, navigli, infrastrutture (strade, ponti ecc) a ridosso del fiume, questioni catastali.

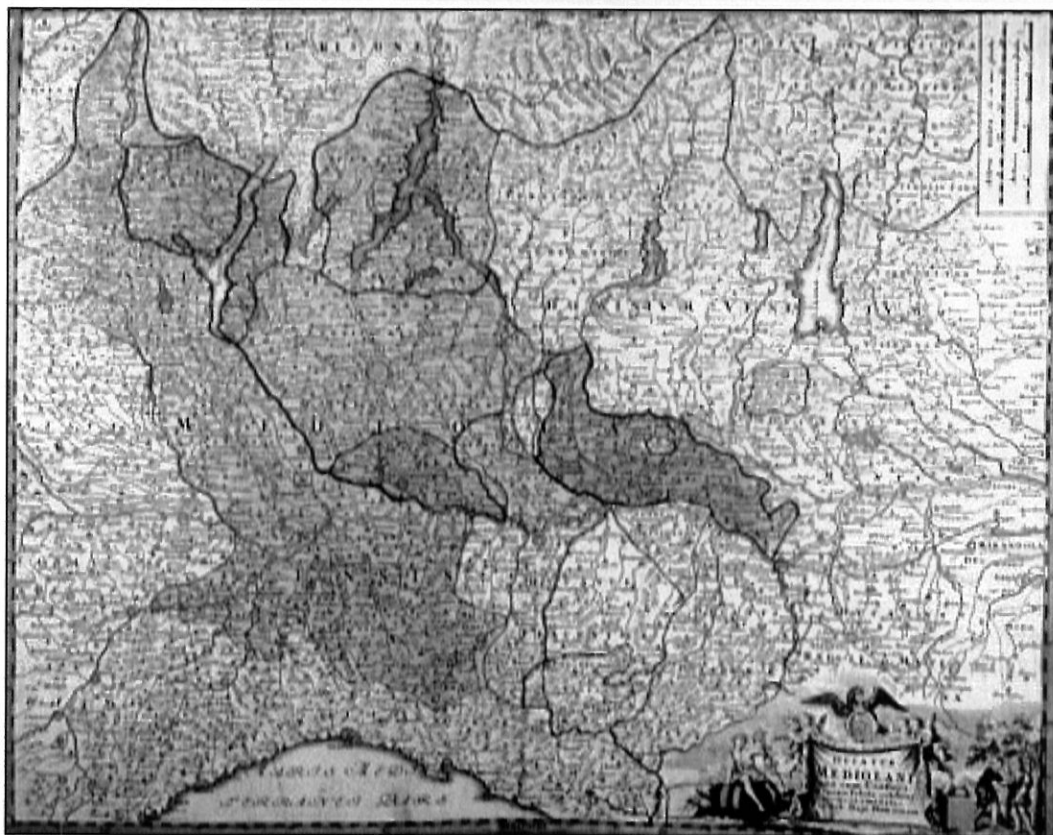
Più precisamente i titoli dei documenti in questione sono principalmente, (secondo le nomee in uso all'epoca), carte geografiche, carte topografiche, mappe, tipi planimetrici, piani regolari, figure dimostrative, topografie del territorio tipi dimostrativi, misurazioni.

Tra le numerose carte consultabili si ricordano quelle a scala geografica come:

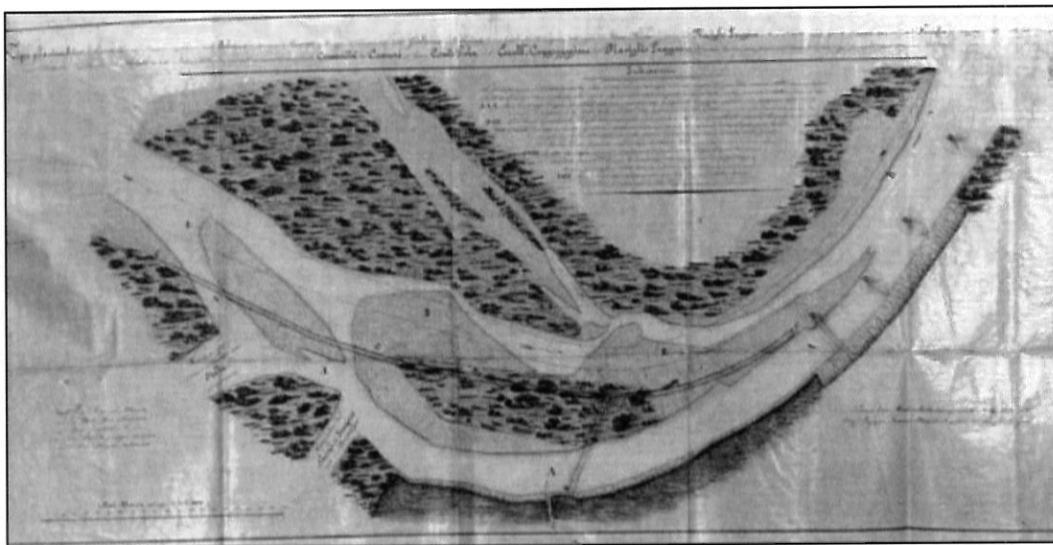
- s.d.(XVIII sec.) *Carta topografica di parte del fiume Ticino (...) cominciando (...) superiormente dal luogo di Somma sino al di sotto del borgo d'Oleggio*
- s.d. (XVIII sec.) ing. Giovanni Serafini, *Corso del fiume Ticino incominciando dal Lago Maggiore fino al di lui sbocco nel fiume Po.*
- s.d., ing. Gio Battasesti, *Carta dello Stato di Milano e suoi confini*
- s.d., *Disegno da confini del contado di Vigevano con la Lomellina, Varese, Novarese e ducato di Milano*

Esempi di carte a scala geografica: *Mediolanum ducatus Amftelodani, Excudit Hondius*, 1610, Archivio di Stato di Novara.

Quelle più specifiche indicanti canali rogge e progetti specifici sul fiume:

- 1741, s.a., *Disegno de boschi nella vale del Ticino ed altri beni dell'Ill.mo Tommaso Candiano, situati in territorio di Vigevano, (...)*
- 1751, Ing. Fernando Pessina, *Tipo indicante lo stato, posizione e misura in cui di presente si trovano le opere e i ripari che dalla Regia camera di milano mantengosi alla parte del Novarese ed effetto di sostenere e respingere le acque del fiume Ticino a ben imboccare e mandar pieno il grande Naviglio (...)*
- 1756, ing.Gio Giuseppe M.Bortorini, *Topografia del Novarese, Vigevano, Lomellina, Siccomario e Riviera San Giulio (...) per indicare diversi progetti di Navigli propri per una navigazione che abbi corrispondenza al mare a Torino (...) come pure per irrigare le aride campagne delle quattro suddette provincie e quella del Vercellese.*
- 1756, ing. Gio Giuseppe Botorini, *To-*

Esempi di carte a scala geografica: 2) C. Laurentio, *All'Ill.mo Sig.r Giacomo Filiberto Cataneo regio Vicario Gnale Conte e Cavaliere de LX SS (...)*., 1667, Archivio di Stato di Novara.

pografia del Novarese (...) fatta per indicare diversi progetti di navigli propri per una navigazione che abbia corrispondenza al mare, a Torino ed ad altre città e province (...) come pure per irrigare

- 1757, Giuseppe Girolamo Moja, *Carta geografica continente parte de Stati di S.M. e parte del corso de fiumi Po e Ticino* (indicate torri e fortificazioni della Casa Savoia)
- 1779, Ambrogio Botorini, *Tipo del fiume Ticino (...) (progetti di canali sbancamenti e argini...)*
- 1789, Giuseppe Teresio Michelotti, *Tipo dimostrativo del fiume Ticino dal porto di Turbino al porto di Boffalora (segnate arginature e chiuse)*
- 1818, ing. Duelli, *Figura dimostrativa del corso di un tronco del Ticino tra li territori di Cameri, Novarese, Turbino Novarese,*
- s.d., s.a., *Disegno del fiume Ticino all'imbocco del fiume Po con segnalati*

Rilievo di un tratto del fiume Ticino: Ing Francesco Bianchi, *Tipo planimetrico della tratta del ramo o canale denominato della Zabojna in territorio di Cameri denominata della Galdina e Zabojna e servente alla derivazione delle acque del fiume Ticino a favore del naviglio Langosco, nella qual tratta venne aperto il nuovo cavo detto Naviglio*, 1858, Archivio Comunale Storico di Cameri.

punti dove si formano cascatelle in periodi di piena (...)

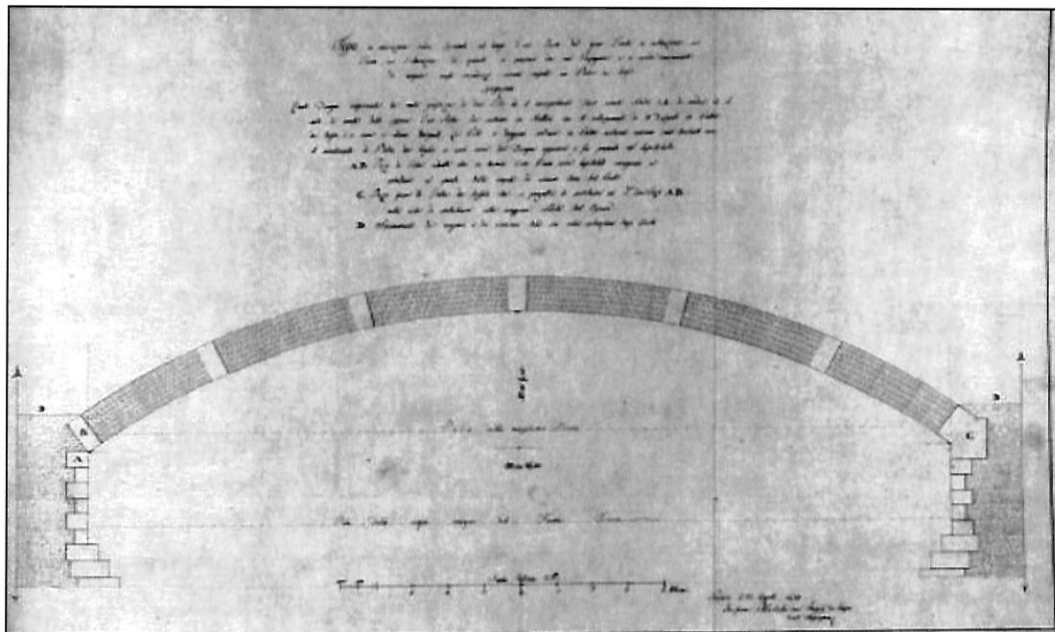
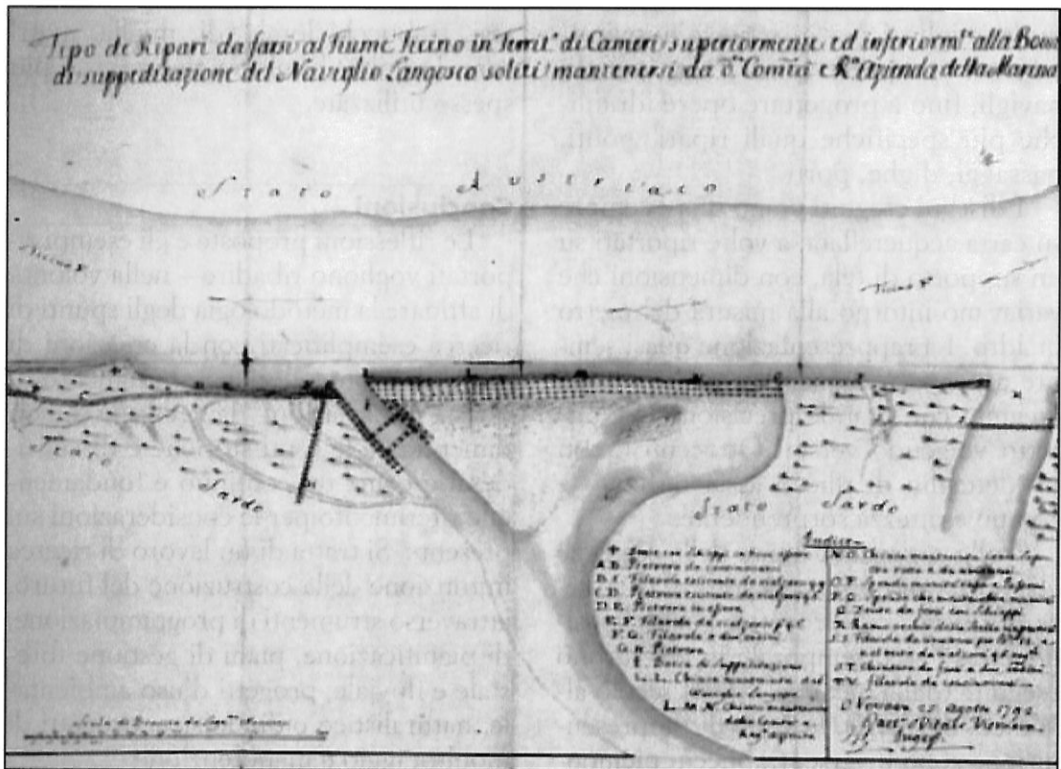
I nomi degli autori che possiamo identificare su queste carte sono tutti di ingegneri o architetti che operavano tra lo Stato sabaudo e il ducato di Milano.

Tra questi ricordiamo: l'ing. Gio Giovanni Botorini, l'ing. Giovanni Serafini, l'ing. Duelli, l'ing. Pietro Prato, Stefano Melchioni, Ambrogio Botorini, l'ing. Gio Battasesti, Giuseppe Teresio Michelotti, Giuseppe Girolamo Moja, l'ing. Giuseppe Boldrini e l'arch. Ambrogio Boldrini.

Tali disegni erano realizzati per committenze quasi sempre riferite alla casa reale Savoia, raramente a qualche privato. La necessità della loro esecuzione era infatti sottesa a diverse esigenze: avere rilievi della zona politicamente instabile, definire confini precisi, rilevare fenomeni di piena del fiume e suoi eventuali spostamenti, indicare i

Esempi di progetti puntuali sul fiume: 1) Tipo de Ripari da farsi al Fiume Ticino in territorio di Cameri (...); 2) Progetto di ponte sul Ticino Ing. Stefano Melchioni, *Tipo di elevazione ossia spaccato al luogo d'un arco del Gran ponte in costruzione sul Ticino con l'indicazione si propone da me ingegnere e si crede conveniente eseguire (...) ossidano imposte con pietra in taglio*, 1810, Archivio di Stato di Novara.

1

2

punti migliori per effettuare nuovi interventi per prese quali rogge, canali, navigli, fino a progettare opere idrauliche più specifiche quali ripari, ponti, passaggi, dighe, porti.

I disegni eseguiti erano quasi sempre su carta acquerellata, a volte riportati su un supporto di tela, con dimensioni che variavano intorno alla misura del metro quadro. La rappresentazione quasi sempre a penna e acquerello, molto spesso eseguita con grande precisione (soprattutto volgendo verso l'Ottocento), con un dettaglio di rilievo assai raffinato e con un'esattezza sorprendente.

Nella variegata gamma delle esigenze che portavano della creazione di tali opere di rilievo e di progetto, anche considerando l'arco temporale in cui furono eseguite (dalla metà del XVIII secolo alla metà del XIX), le scale di rappresentazione sono diverse: trabucchi piemontesi, trabucchi lombardi, miglia, metri sono le unità di misura ricorrenti e più spesso utilizzate.

Conclusioni

Le riflessioni proposte e gli esempi riportati vogliono ribadire – nella volontà di affinare la metodologia degli spunti di ricerca esemplificati con la creazioni di possibili protocolli per il trattamento di queste informazioni - la necessità di non dimenticare le fonti storiche e di considerarle come un continuo e fondamentale riferimento per le considerazioni sul presente. Si tratta di un lavoro di ricerca in funzione della costruzione del futuro, attraverso strumenti di programmazione, di pianificazione, piani di gestione forestale e fluviale, progetti d'uso ambientale, naturalistico e di «loisir», progetti di monitoraggio e manutenzione.

LE *PIELASSE* DI RAVENNA NELLA CARTOGRAFIA (SECOLI XVII-XX)

THE PIELASSE *OF RAVENNA THROUGH CARTOGRAPHY (17TH-20TH CENTURY)*

Anna Missiroli (*)

(*) Università di Bologna.

Riassunto

Pielasse sono localmente chiamati due specchi d'acqua salmastra che fiancheggiano le sponde del Canale Corsini, il porto di Ravenna. Si formarono a partire dal primo Settecento come bacini litoranei lagunari e sono stati mantenuti artificialmente in collegamento col mare tramite il porto-canale per costituirne casse di espansione a contenimento delle alte maree e per contribuire a mantenerne spurgata la bocca col movimento delle sabbie del fondale, nel periodico fluire e defluire delle maree stesse. Presentano peculiari caratteri naturalistici e un rilevante valore paesaggistico e geo-storico, in quanto costituiscono aspetti caratteristici della morfologia litoranea di una pianura alluvionale in formazione. La genesi e l'evoluzione delle pielasse, come di altre bassure litoranee ormai scomparse, è documentata da numerose carte conservate negli archivi di Ravenna. Queste carte documentano in particolare il processo di artificializzazione di questo paesaggio e il potenziale contrasto tra un utilizzo a fini produttivi e i vincoli della tutela paesaggistica e ambientale.

Parole chiave: pielassa, laguna, Ravenna.

Abstract

Pielassa *is the local name for a couple of sub-littoral brackish water lagoons flanking both sides of the Canale Corsini, tha harbour of Ravenna. Their formation through natural processes may be traced back to the early 18th century. Further to the construction of the port-canal, around 1740, the pielasse have been artificially preserved. A hydraulic link with the open sea was established through the canal itself in view of exploiting the pielasse as tidal basins, also contributing to keep the bottom of the canal clear from siltation during falling tides. Typical features of an alluvial coastal plain still under formation, the pielasse show peculiar ecological as well as geo-historical characters and constitute a basic element of the local coastal landscape. The evolution of this coastal area over the last centuries is documented in good detail by a rich number of maps, preserved in the archives of Ravenna. These maps also give evidence of the recent process of artificialization of the landscape and conflicting uses, between development and environmental preservation.*

Keywords: *pielassa, lagoon, Ravenna.*

Le pielasse sono due vasti specchi d'acqua salmastra poste sui due lati del Canale Corsini, o Candiano, il quale unisce la città di Ravenna al mare con un percorso di 11 km e ne funge da porto.

La cartografia IGM alla scala 1:50.000 offre la migliore veduta d'insieme di quest'area[1]. La Pielassa Baiona[2], lungo la sponda sinistra del canale, presenta una forma trapezoidale, allungata in senso nord-sud come l'andamento della costa, ed è orlata su due lati da aree boschive: a occidente la secolare pineta San Vitale, già tenimento dell'omonima abbazia benedettina di Ravenna e ora proprietà comunale; a oriente la più recente pineta litoranea demaniale, che separa la spiaggia dalla Baiona e sfuma verso questa in associazioni vegetali tipiche dei margini lagunari: dossi a oliveli spinosi e tamerici, canneti e prati barenicoli, periodicamente allagati dall'alta marea e cosparsi di praterie di salicornia, limonio e puccinella palustre. Gli altri due lati della Baiona sono delimitati da altrettante strade: quella a nord la separa dal corso del Fiume Lamone; quella a sud dagli insediamenti industriali e dalle installazioni portuali poste lungo le rive del canale. Al canale la Baiona è collegata tramite un breve condotto che si ramifica in una complessa struttura a ventaglio, la quale suddivide il bacino della pielassa in diversi setti e capta le acque che qui si riversano di vari canali di drenaggio dell'entroterra ravennate: da nord a sud Fossatone, Via Cerba, Fiumetto, Canala, Valtorto, Via Cupa e Drittolo. La compresenza di bosco e laguna conferisce alla pielassa peculiari caratteristiche. Particolarmente numerose sono le specie di volatili, stanziali e di passo. Vi viene tradizionalmente praticata la pesca di valle, tramite capanni fissi, in legno o muratura, installati lungo gli argini e forniti di *padlô* (padellone), la grande rete quadra che dà nome ai capanni stessi. Anche l'attività venatoria è consentita, nonostante la Baiona sia compresa tra le aree protette del Parco del Delta del Po.

La Pielassa del Piombone si estende sulla sponda destra del porto-canale. Ha una superficie di circa un terzo rispetto alla Baiona e una forma a goccia, allungata anche in questo caso in senso nord-sud. È collegata al Candiano tramite un breve ma ampio braccio, percorso da mercantili di discreto tonnellaggio, che utilizzano parte delle sponde del Piombone per l'attracco e il carico/scarico. Lungo le sponde libere dalle installazioni portuali e sui dossi che emergono all'interno del bacino si assiepano i capanni da pesca con i loro padelloni, una congerie di forme e colori in forte contrasto con gli impianti industriali che si specchiano nelle acque oleose della pielassa. Le molto precarie condizioni ambientali costituiscono la probabile ragione per cui la Pielassa del Piombone nel 1997 è stata stralciata dalle zone protette del Parco del Delta del Po, dopo che già nel 1991 vi era stata inclusa, come parte della «stazione Pineta di San Vitale e Piallasse di Raven-

[1] *Carta d'Italia*, serie M 792, f. 223 *Ravenna*, edizione 1985.

[2] Così i Ravennati comunemente chiamano l'intero bacino; la carta IGM indica invece in questo modo solo una porzione d'esso.

na»[3]. Si profila in effetti sempre più marcata una politica del Comune di Ravenna – che controlla lo specchio della pielassa – di concedere spazi via via più ampi del Piombone all'espansione delle strutture portuali e industriali.

Entrambe le pielasse presentano un rilevante valore paesaggistico e geo-storico, in quanto costituiscono aspetti caratteristici della morfologia litoranea di una pianura alluvionale in formazione. Come vedremo attraverso la documentazione cartografica, rappresentano relitti del tradizionale paesaggio della bassa ravennate, preservati artificialmente allorchè si ravvisarono in questi bacini dinamiche naturali utilmente sfruttabili. Poste come si è visto in comunicazione con il portocanale, le due pielasse costituiscono infatti casse di espansione a contenimento delle alte maree, per evitare l'esondazione delle acque del canale stesso. Esse contribuiscono inoltre a mantenere spurgata la bocca del porto, grazie al movimento delle sabbie del fondale, nel periodico defluire delle acque di marea.

A quella funzione risale la più popolare spiegazione del termine *pielassa*: da un improbabile *pia-lassa!*, piglia-lascia, riferito appunto all'andirivieni delle correnti di marea. L'ipotesi più fondata è che *pielàssa* – come le varianti *pialàssa*, *piallàssa* o *pilàssa* – sia termine di geonomastica lagunare peculiare dell'area ravennate e del delta padano[4] introdotto nel locale dialetto (*pilàsa*) non prima del Settecento, derivandolo probabilmente dal lessico degli idraulici veneziani: *padelàssa* in veneziano indicava un «canal cieco, profondo soltanto da una parte ed evanescente dall'altra»[5]. Attraverso la documentazione cartografica potremo verificare come questa definizione trovi corrispondenza in particolare nelle dinamiche di formazione della Pielassa Baiona.

Sono numerose le carte che testimoniano la presenza di queste come di altre bassure litoranee ormai scomparse e si conservano in gran parte presso l'Archivio Storico Comunale di Ravenna (d'ora in poi ASCRA), che vanta un fondo cartografico notevolmente ricco, in particolare sul tema dei problemi d'acque. Attraverso una selezione dei documenti più rappresentativi ricostruiremo la genesi delle pielasse e ne seguiremo la successiva evoluzione, sempre condizionata in misura più o meno diretta dalle trasformazioni del canale naviglio Corsini.

Il termine pielassa compare nella cartografia dell'area ravennate nella prima metà del Settecento. La prima carta a riportarlo[6] risulta essere la *Pianta delli due fiumi Ronco e Montone* (ASCRA 246)

[3] P. FABBRI E A. MISSIROLI, *Le pinete ravennati. Storia di un bosco e di una città*, Longo, Ravenna 1998, p. 310.

[4] A Goro, ad esempio, nei lembi estremi del delta in territorio ferrarese, v'è uno *Scanno di Piallazza*.

[5] Così Bartolomeo Cecchetti nel 1885, citato da U. ZACCARINI, *Pielasse. origine e storia del nome*, in E. MARRAFFA e E.V. MORONI (a cura di), *Orizzonti d'acqua*, Anastasis, Ravenna 1995, p. 31. Dello stesso Zaccarini vedasi anche la voce *pilasa* nel suo *Frammenti di un geolessico ravennate*, «Quaderni della Casa Matha», I, 1988, pp. 23-26.

[6] È della stessa opinione anche P. FABBRI, *Le trasformazioni della costa tra il Po e l'Appennino sulla base della documentazione cartografica d'età moderna*, Clueb, Bologna 1994, p. 87.

tracciata da Gaetano Gessi per illustrare alcuni progetti di diversione dei due fiumi di Ravenna. La carta è databile al decennio 1720-30 e indica come *pilassa* una piccola insenatura lungo il tratto di costa a nord-est di Ravenna. Quell'insenatura, assente in carte precedenti, si era formata tra l'accentuata protrusione fociale dei fiumi Ronco e Montone uniti (quella che sarebbe poi stata chiamata Punta Marina) e lo *Sbocco della Fossina*, la tormentata uscita a mare del fascio di canali Valtorto, Via Cupa e Drittolo, che raccoglieva anche le acque di alcune vene litoranee interdunari e del *Ponte Canale*, lo scolo di espurgo della città. Sarà il sistema Ponte Canale-Fossina a fornire nel decennio successivo le linee progettuali per la realizzazione del Canale Corsini. E quella piccola insenatura costituiva allora l'embrione della futura Pielassa del Piombone. Da numerosi dettagli la carta di Gessi si rivela sufficientemente affidabile nelle misurazioni e nell'aderenza alla realtà. La *pilassa* che egli descrive appare formatasi per ingressione marina: l'onda di bora ha sfondato il cordone dunoso più a mare e l'acqua ha spagliato all'interno allagando bassure interdunari. La sagoma della pielassa è infatti allungata e segue l'andamento della linea di costa, lungo la quale si allineano le formazioni dunari. La presenza di cordoni dunosi si intuisce nei due scanni protesi ad affiancare la breccia aperta dall'ingressione delle acque marine.

Documenti antecedenti la carta di Gessi non solo non riportano il termine, ma nemmeno mostrano formazioni litoranee di natura simile. Si limitano a due le carte di una certa esattezza e di sufficiente dettaglio che descrivono il litorale ravennate, entrambe del secolo XVII. La prima è la grande tavola di Tomaso Spinola datata 1614 (ASCRA 449), uno straordinario documento di tecnica cartografica che rappresenta la parte settentrionale del territorio ravennate. In corrispondenza delle due prominenze fociali del Po di Primaro e dei fiumi Ronco e Montone uniti, Spinola descrive due profonde insenature, caratteristiche *sacche* che si formano a seguito del rapido accumularsi di sedimenti alluvionali, distribuiti lungo le parti più esposte al moto ondoso, a costituire una prominenza in forma di punta di freccia. In particolare la sacca alla foce dei fiumi uniti appare estendersi grosso modo in corrispondenza di quella che oggi è la Pielassa del Piombone. Queste sacche presentano tuttavia una conformazione molto diversa da quella della pielassa descritta da Gessi, una differenza dovuta alle diverse dinamiche di formazione: la bocca a mare è ampia, non stretta tra due scanni, e l'estensione non sembra essere condizionata da preesistenti cordoni dunosi. Anche la seconda carta, *Territorio e città di Ravenna* di Vincenzo Coronelli, molto nota e diffusa, databile al 1690, mostra questa grande sacca sul lato settentrionale della foce dei fiumi uniti, presso il *Porto della Fossina*. In entrambe le carte la sacca non ha nome e finirà per essere quasi completamente colmata dalle alluvie depositate da un ramo successivamente derivato dal tratto apicale del corso dei fiumi, come mostra la carta di Gessi. Dunque non ritengo esista alcun legame tra le sacche descritte da Spinola e Coronelli e la *pilassa* di Gessi, se non

indiretto: la pielassa potè prodursi là dove i terreni costieri erano più depressi e di più recente formazione, per il naturale colmamento della vecchia sacca, perciò più deboli a sostenere l'urto dell'onda.

Su questi documenti seicenteschi due ulteriori osservazioni. È forse la carta di Coronelli la prima ad indicare l'idronimo Baiona, sia pure non ancora riferito a una pielassa ma come *Taglio della Baiona*. Coronelli lo descrive come un'incisione, forse artificiale, tra dossi dunosi pinetati lungo costa, a scolmare le acque del canale del Pirotolo. In origine Baiona fu quindi il nome di un canale e forse il termine deriva da quello di *albaioni*, con cui si indicavano le dune vive sulla spiaggia[7]. La seconda notazione riguarda la carta di Spinola: la linea di costa che egli descive nel tratto compreso tra le foci del Primaro e dei fiumi uniti corrisponde all'attuale margine occidentale della Pielassa Baiona. In altre parole, i cordoni dunosi pinetati che Spinola rappresenta a orlare la spiaggia del primo Seicento costituiscono le paleodune più a mare su cui oggi cresce la pineta San Vitale.

La prima carta a indicare espressamente la Pielassa del Piombone dovrebbe essere la *Mappa fatta per mostrare la linea della nuova navigazione ponendola per lo scolo della città alla Fossina in mare* (ASCRA 240, 81), non recante il nome dell'autore[8] e incisa da Andrea Bolzoni l'anno 1739. La carta mostra con grande efficacia e precisione la complessità della costa ravennate, resa particolarmente dinamica durante il Settecento per il crescente apporto detritico dei fiumi e per un più incisivo intervento antropico sulle acque e le terre della bassa pianura. Può essere messa utilmente a confronto con la già menzionata tavola di Spinola, di oltre un secolo precedente, poichè entrambe risultano piuttosto esatte nelle misurazioni e ricche di dettagli. La linea costiera – il *rompente del mare* – in corrispondenza della pineta San Vitale risulta avanzata di almeno 200 pertiche (oltre un chilometro[9]), e in misura crescente – fino a oltre 400 pertiche – man mano che ci si avvicina alla foce del fiume Lamone, il cui alveo, nel corso del XVII secolo, era stato distaccato da quello del Primaro, rettificato in più punti, condotto a colmare la bassura litoranea che si estendeva tra Mandriole e la pineta[10], e infine

[7] Così ad esempio nella carta che descrive *La Mesola col porto di Goro*, la n. 33 della c.d. Raccolta Penna (*Carte generali e particolari di tutto lo Stato di Ferrara levate dalli originali di Bartolomeo Gnoli e d'altri ancora da Alberto Penna in Ferrara l'anno MDCLVIII*, raccolte nel volume *Carte corografiche generali e particolari dello Stato di Ferrara*, Suzzi, Ferrara 1662, ora in ristampa anastatica curata da Massimo Rossi col titolo A. PENNA, *Atlante del Ferrarese*, Franco Cosimo Panini, Modena 1991). Così anche Antonio Farini nella *Pianta dimostrativa di una parte di valle situata in territorio di Cervia...*, del 1759 (Archivio di Stato di Ravenna, Corporazioni Religiose Soppresse, Classe 241, n. 1).

[8] Una recente ipotesi la attribuisce alla collaborazione fra i periti ravennati Giannantonio Zane, Antonio Farini e Francesco Tizzoni (P. FABBRI, *Giulio Alberoni e le acque di Ravenna*, Girasole, Ravenna 2004, p. 171).

[9] Una pertica ravennate corrispondeva a m 5,844.

[10] Chiamata forse *Valle della Vena*: le precarie condizioni della carta di Spinola non consentono un'agevole lettura.

portato entro sicuri argini direttamente a mare. L'abbondante apporto detritico di questo fiume, insieme a quello di Ronco e Montone uniti (i quali proprio in quell'anno 1739 furono definitivamente deviati più a sud, nell'attuale alveo dei Fiumi Uniti, che la carta settecentesca indica con lettera A) aveva provocato lo straordinario avanzare della costa. Questo è percepibile dal confronto tra le due carte se si considerano ad esempio le linee di riferimento del corso del Pirotolo, attraverso la porzione settentrionale della pineta; e l'estremità orientale del fascio di canali Valtorto-Via Cupa-Drittolo.

La fascia costiera di recente formazione che la carta settecentesca raffigura si presenta come una vasta depressione lagunare dalla sagoma allungata e bilobata, percorsa da vene dall'amdamento incerto convergenti al centro verso il mare e in cui si mescolano le acque dolci di numerosi canali di scolo dell'entroterra con quelle salate *d'alta marea ordinaria* o *in tempo di borasca*. Vi si individuano già chiaramente gli elementi dell'attuale sistema idraulico Canale Corsini-pielasse:

- Al centro scorre per tortuosi meandri il *Canale Lombardo*, già Fossina, il quale recapita a mare le acque dello *Scolo della città* che, come spiega il titolo della carta, rappresenta *la linea della nuova navigazione*, cioè il progetto del canale naviglio che di lì a poco verrà realizzato.
- Oltre allo scolo della città convergono al centro le acque di vari canali di drenaggio provenienti da occidente, che in precedenza finivano direttamente in mare; delle vene (intriganti i nomi: Bocca di Carrozza, Fossa Scura, Vena dello Squartato) che da sud scolano le acque d'alta marea della *Pielassa Piombone*; e infine, da settentrione, del *Canal maestro della Baiona*, il quale, rispetto alla carta di Coronelli, da breve taglio che era (e che qui si conferma artificiale, regolato da chiaviche), ha assunto il tipico andamento parallelo alla costa della fossa interdunare e funge da principale collettore (*canal maestro*) di una serie di vene minori (Canale di Sabbione, Fossa da Largo, Pirotolo) e dello scolo Fossatone.
- La Pielassa Piombone costituisce uno dei due lobi in cui si suddivide questa vasta depressione, distinti tra loro dalle robuste *palificate del nuovo porto alla bocca della Baiona*, a guardia del quale è già stata eretta una *torre della sanità*. Il nome *Piombone* non viene associato direttamente a quello di pielassa, ma indica una distinta depressione collegata al più vasto bacino denominato *pielassa*. In complesso questa appare molto più estesa di quella descritta da Gessi e *in tempo di borasca* le acque spagliano ad allagare un'area che può corrispondere a quella della sacca descritta da Spinola. Il bacino è separato dal mare aperto dallo *Scanno della Pielassa*, sabbioso e ramificato.
- L'altro lobo, traversato dal sistema di vene che fa capo al Canale della Baiona, non è indicato espressamente come pielassa, ma presenta una conformazione simile a quella del Piombone ed è fornito di un suo proprio *Scanno della Baiona che non viene mai sormontato dalle massime piene del mare*.

Un'altra carta, anomina e non datata, la *Pianta che dimostra l'andamento delle*

palizzate ed arellate (ASCRA 240, 71), offre un interessante colpo d'occhio a volo d'uccello e rivela un fondamentale dettaglio non visibile nella precedente mappa, della quale è di poco posteriore. Mostra il poderoso sistema di protezione artificialmente creato, assecondando le dinamiche naturali, per mantenere officiante la bocca del porto, impedendone l'interramento. Due palizzate si protendono in mare per evitare l'occlusione del canale da parte del movimento delle sabbie lungo costa; seguono il profilo tortuoso del canale lungo la linea della massima pendenza e imbrigliano il Canale della Baiona; arellate, cioè graticci di canne, proseguono lungo le sponde del canale, per delimitarne il corso ma al tempo stesso lasciare filtrare le acque di marea da e verso i due lobi della laguna: il movimento delle sabbie del fondale, nel periodico fluire e defluire delle acque, contribuisce a mantenere spurgata la bocca del porto. Poichè la *pielassa* rappresentata in questa carta, come in quella precedente, è solo quella del Piombone, possiamo presumere che nella originaria percezione dei Ravennati il termine indicasse un bacino costiero allagato in permanenza con acque salmastre derivanti dal mare e dall'entroterra: dunque una laguna.

La documentazione cartografica successiva conferma la presenza di questo sistema idraulico, che assume connotati via via più somiglianti alla situazione presente, a seguito del graduale avanzare della linea di costa e delle ridefinizioni del tracciato del porto-canale. La carta del *Territorio ravennate* che Francesco Ginanni disegna nel 1757 mostra lo scanno della Baiona ormai saldato alla bocca del porto per lo straordinario accumulo di detriti provenienti dalla vicina foce del Lamone. Il bacino d'acqua restrostante, indicato con un semplice *basse*, non ha più un suo sbocco a mare, ma drena solo attraverso il Canale della Baiona. Quest'ultimo e il porto in questa carta appaiono percepiti come una cosa sola: lo sbocco a mare è la *Bocca del porto della Baiona*. Indicato col termine pielassa è solo ancora il lobo meridionale, che mantiene una diretta comunicazione col mare. Conferma in parte questa definizione di pielassa anche la presenza, più a sud, di due insenature, che Ginanni indica con lo stesso idronimo, da poco formatesi sul lato settentrionale della nuova foce dei Fiumi Uniti e della foce del Savio rispettivamente.

Sette anni più tardi lo stesso Ginanni disegna una *Carta delle pinete ravennati*[11] che aggiunge altri dettagli sulla morfologia costiera. Continua ad avanzare la linea di riva; persiste il bacino interno a fianco del *Canale della Bajona*, alimentato dai rigurgiti dell'alta marea ma anche da acque piovane e di falda; anche lo scanno di pielassa si è saldato alla sponda del canale naviglio (ormai chiamato *Porto di Ravenna*), per l'accumulo di sabbie sospinte verso nord a seguito dell'erosione della cuspide fociale del

[11] È allegata all'opera postuma di F. GINANNI, *Istoria civile e naturale delle pinete ravennati*, Salomoni, Roma 1774.

letto abbandonato di Ronco e Montone: la pielassa insieme alla piccola depressione del Piombone si è trasformata in un bacino intercluso, traversato da una vena (*Canale della pielassa*) collegata alla bocca del porto. Sugli staggi che ne delimitano il margine occidentale crescono pini.

L'ultimo documento d'antico regime che propongo è anche il più spettacolare: il cosiddetto «cabreo Lovatelli» (ASCRA 364). Si tratta di un grande atlante composto di sei tavole acquerellate che descrivono la fascia costiera ravennate. Venne realizzato nel 1789 da Gaetano Bruni, con l'ausilio di Luigi Tosini, su ordine del Magistrato dei Savi di Ravenna per stabilire con precisione i limiti del diritto collettivo di pascolo sui terreni litoranei allora di pertinenza delle quattro maggiori abbazie ravennati. Il rigore delle misurazioni, l'eccellenza del disegno, l'abbondanza di elementi, la grande scala adottata e il fatto che fotografa una realtà che di lì a pochi anni sarebbe stata radicalmente trasformata a seguito delle soppressioni napoleoniche delle corporazioni religiose, fanno di questo atlante, ancora noto a pochi, un documento di eccezionale valore, che meriterebbe un saggio a parte. Mi limito qui a segnalare l'evoluzione della toponomastica relativa alle pielasse. Nella tavola quinta compare per la prima volta questo termine riferito al bacino posto tra il Canale della Baiona e lo scanno a mare: è la *Pielassa detta del Pontaccio*. Ai suoi margini si stendono *siti e fondi bassi, umidi e soggetti alle sommersioni d'acque con vene e paludi detti le Lecche*. A sud del *Canale Naviglio detto il Porto Corsini* si trova la *Pielassa chiamata di Piombone*. Altre pielasse vengono indicate più a sud (tavole seconda e terza), confermando quelle già descritte da Ginanni e tutte poi colmate nel giro di pochi decenni dagli apporti detritici dei Fiumi Uniti: quelle *del Bisatto* e *delle Spazzate* a nord della foce dei fiumi; a sud la *Pielassa della Palatella, Fosso Vecchio e Candianazzo*. Forme allungate nel senso dei cordoni dunosi, ma con sbocchi a mare talora molto ampi, da farle sembrare sacche, più che pielasse: forse il termine ormai era passato a indicare qualsiasi bacino costiero comunicante col mare.

Le più significative variazioni delle nostre pielasse successive alla realizzazione dell'atlante Bruni vengono registrate da un paio di carte ottocentesche, entrambe di scarso dettaglio ma utili per una visione d'insieme. La prima è il foglio 8 della *Carta topografica dello Stato Pontificioe del Granducato di Toscana* realizzata dall'Istituto Geografico Militare di Vienna nel 1851 alla scala 1:86.400. Con il tratto ormai caratteristico della moderna cartografia militare mostra il graduale avanzare della bocca del portocanale; un avanzare faticoso, tanto che al limite del bosco gli era stato praticato un taglio, il Canale Marini, per collegare più speditamente la città al mare. Quest'alternativa avrebbe però avuto breve vita, per le difficoltà di percolazione delle acque a mare a causa della bocca interrata. Fu in questa occasione che apparve evidente la funzione dei bacini di flusso e riflusso delle maree alla bocca del porto, una funzione che era stata ben chiara agli idraulici del primo Sette-

cento[12]. A fianco del Porto Corsini la Baiona resta ancora una semplice vena, tra terre e acque i cui contorni si confondono. Lo stesso paesaggio abbraccia anche la *Pialassa Piombione* (sic), la cui futura conformazione a goccia è qui già intuibile.

La successiva carta, prodotta dall'Ufficio tecnico del Comune di Ravenna nel 1867[13], presenta un nuovo assetto, conseguenza di quanto si diceva sopra. Abbandonato il Canale Marini, il tortuoso percorso del naviglio Corsini è stato rettificato e si individua ormai l'asse attuale. Massicce palizzate proteggono la bocca a mare e lungo la sponda sinistra è stato scavato un complesso sistema di bracci disposti a ventaglio. Questi canali, che sarebbero poi stati realizzati anche sulla sponda destra, protesi verso la Pielassa Piomboni e oggi scomparsi[14], avevano la duplice funzione di agevolare il fluire delle maree a servizio del porto e di facilitare la percolazione a mare dei canali di scolo e dei collettori della bonifica per colmata in corso in quei decenni nelle valli retrostanti la pineta. Le *basse* periodicamente allagate che affiancano il porto-canale non presentano in questa carta contorni ancora definiti. Li avrebbero assunti nel dopoguerra a seguito di due principali fattori: lo sviluppo industriale dell'area, che colmerà bassure e costituirà nuove terre, irrigidendo le sempre mutevoli forme naturali; e il processo di subsidenza, che provocherà l'emergere della falda e l'allagamento delle depressioni residue.

[12] Il tracciato del Canale Marini esiste ancora, ridotto a fosso di scolo: è visibile nella carta IGM alla scala 50mila tra le darsene portuali e l'abitato di Punta Marina.

[13] *Pianta della parte di territorio ravennate soggetto al diritto di pascolo e legnatico a favore della Comunità di Ravenna* (ASCRA Buste speciali, 86/I, fasc. 22, c. 55).

[14] La loro presenza è testimoniata dalla prima cartografia IGM alla scala 1:25.000, del 1892 (F. 89, II.N.O., *Ravenna N.E.*).

IL BACINO DEL PETRACE NELLA PIANA DI GIOIA TAURO

Maria Adele Brancato (*), **Daniele Todarello** (**)
(*) Dipartimento di Studi sulla Civiltà Moderna (sez. Geografica), Facoltà di Lettere e Filosofia, Università degli Studi di Messina.
(**) G.A.L.v.a.t.e. Area Basso Tirreno Reggino.

Gli autori hanno svolto il lavoro di ricerca e di analisi del territorio, per il presente contributo, in stretta collaborazione tuttavia, nella stesura del testo, Maria Brancato ha scritto la premessa, il paragrafo 1 e le note conclusive, l'arch. Todarello ha redatto il 2° paragrafo e ha curato l'elaborazione delle tavole inserite nel testo.

Premessa

In Calabria la prevalente montuosità risulta appena attenuata da piccole pianure alluvionali, le quali seguono da vicino l'assetto asimmetrico e cellulare del rilievo calabrese in quanto rappresentano gli elementi fisici che hanno operato la saldatura tra le antiche isole terziarie, riconoscibili negli attuali massicci (Sila, Serre, Aspromonte). Il colmeggiare degli antichi bracci di mare con la conseguente cucitura fisica tra le isole orografiche non si è risolta, in funzione di un raccordo relazionale a causa delle difficoltà di accesso opposte dai profili aspri delle formazioni montuose, le quali, essendo in un immobilizzante isolamento, hanno subito per secoli una sorta di «effetto insularità». Cosicché le pianure, altrove fattori di maggiore compattezza e continuità territoriale e tramite naturale tra territori a morfologia variata, ma dalla plastica meno accidentata, sono rimaste coinvolte nell'isolamento. Ne è scaturita una geografia umana frammentata e dai molteplici volti, come fatto indotto dall'interazione fra l'ambiente fisico, da un lato, e quello antropico, sociale ed economico dall'altro. Anzi, un «mosaico di Geografie», le cui tessere sono le differenti sub-regioni antropiche, ma anche fisiche e naturali, che è possibile individuare nel territorio calabrese (ISNARDI, 1968; LACQUANITI, 1982). Dal punto di vista morfologico, la Piana costituisce una regione ben definita che è possibile individuare facilmente sul territorio calabrese con una struttura omogenea e limiti geografici ben definiti. Essa si estende a guisa di anfiteatro sul versante tirrenico in corrispondenza dell'ampio golfo di Gioia Tauro; chiudono e delineano i suoi confini la cerchia dei monti dell'Appennino calabrese e precisamen-

te a Nord l'altopiano del Poro, ad Est il gruppo delle Serre e il Dossone della Melia e a Sud il massiccio dell'Aspromonte. Essa è configurata da un terrazzo periferico più elevato (200-300 m. in media di altitudine), che è la prosecuzione del ripiano della Serra che la circonda in buona parte; e verso l'interno, da una zona di rimarchevole ampiezza, ad altitudine media di 70-150 m., solcata a ventaglio dai torrenti che si dirigono verso i due principali fiumi, Mesima e Petraie. Sul versante marino questa zona declina leggermente fino in prossimità di un elevato ciglio di dune (40-60 m.) di età pleistocenica, deposte come lido, appoggiato agli scogli cristallini di Gioia e Nicotera, e da qui cala, infine, per una ripa molto chiara, a una zona depressa e non larga, un po' inarcata tra i due piccoli delta dei suoi fiumi (GAMBI, 1965). Dal punto di vista geologico è costituita per lo più da ampi terrazzi fluviali o fluvio-marini, formati da rocce e materiali sciolti, spesso limosi o sabbiosi, facilmente erosivi; la formazione di detti terrazzi può essere collegata a bradisismi e ad attività sismiche che hanno frequentemente interessato quest'area: detti depositi poggiano su rocce compatte di tipo intrusivo che formano i primi contrafforti dei rilievi circostanti.

Il territorio della Piana di Gioia Tauro, caratterizzato a livello socio-spaziale, ormai da più decenni, da una molteplice e diversificata vocazionalità, costituisce oggi, con la presenza di un porto di transhipment – che per centralità geografica nel Mediterraneo e per volume di traffico è, nel suo settore, il più importante d'Europa – il simbolo della contraddizione dello sviluppo calabrese.

La Piana, nonostante i significativi progressi di limitati comparti di attività economiche e di sparuti contesti imprenditoriali, è ancora un'area caratterizzata da un pronunciato sottosviluppo dei settori mercantili. L'industria manifatturiera moderna è di fatto inesistente; l'agricoltura soffre di croniche inefficienze produttive e organizzative; il terziario innovativo per la produzione, proprio a ragione dell'asfissia dello sviluppo industriale ed agricolo, stenta ad espandersi e a decollare. È inutile negarlo: la Calabria e con essa la Piana si appresta a svoltare il terzo millennio senza un vero sistema produttivo, pressoché priva di base materiale di produzione. Questa diseconomia costituisce il più grave condizionamento per il futuro sviluppo economico, sociale e civile del territorio in oggetto. Certamente, però, essa non è nemmeno paragonabile alle aree sottosviluppate con problemi di povertà fisica e di sussistenza alimentare; il suo aspetto, anzi, è contrassegnato dall'opulenza e da una ridondante circolazione di merci, dal benessere materiale diffuso e dalla ricchezza personale, sebbene continuino a persistere sacche di miseria solide e silenti, soprattutto negli strati emerginati delle realtà urbane e nelle zone interne preaspromontane meno coinvolte dai flussi di trasferimenti monetari pubblici. Infatti è proprio in base a quest'ultimi che i consumi privati sono cresciuti enormemente contribuendo ad allineare gli standard individuali di vita a quelli delle regioni più avanzate. La spesa pubblica è stata la mano visibile pressoché esclusiva della crescita impetuosa del be-

nessere e della mobilitazione dei consumi, mentre lo Stato, nelle sue mille ramificazioni centrali e periferiche, ha giocato quasi solitariamente il ruolo «dell'imprenditore». La «modernizzazione senza produzione» ha sconvolto gli equilibri territoriali, distruggendo risorse ambientali; ha impoverito, soprattutto con flussi emigratori, il tessuto produttivo di risorse umane e di microeconomie locali; ha assolutizzato la regolazione politica dell'economia e della società, depotenziato gli orientamenti al mercato e all'imprenditoria autonoma. Una situazione economica e territoriale che si riflette ed influenza il sistema sociale creando aspettative di soluzioni di sviluppo dai centri decisionali extraregionali, creando in loco la formazione di indistinti e trasversali blocchi socio-politici esclusivamente specializzati nelle tecniche d'accesso a flussi monetari esogeni e a finanziamenti pubblici.

1. Il fiume Petrace

Il Petrace, come si è detto, è uno dei due fiumi più importanti e significativi della Piana (l'altro è il Mesima) è lungo appena 27 Km con un bacino di 461,3 Kmq. E la sua parte finale, compresa la foce, divide il territorio amministrativo dei comuni di Palmi e Gioia Tauro. La peculiarità di questo fiume è quella di avere ben 24 affluenti[1] che scaturiscono spontaneamente quasi tutti dalle falde preaspromontane e assicurano ad esso una continuo apporto idrico che non lo fa prosciugare nemmeno durante i periodi di secca anche se, naturalmente, la sua portata diminuisce notevolmente. Dei 33 Comuni della Piana, il territorio di ben 17 di essi[2] è attraversato dal Petrace o dai suoi affluenti, sono comuni perlopiù preaspromontani con una attività agricola legata all'olivicoltura[3] e alla conseguente produzione dell'olio con moltissimi frantoi dislocati sia nei centri che nelle campagne, ben il 47% dei frantoi presenti in Calabria è concentrato nella provincia di Reggio ma soprattutto nel territorio esaminato (Brancato 1989). Se a tale situazione si aggiunge che tanti piccoli centri scaricano nel fiume o nei suoi affluenti rifiuti di ogni genere si potrà facilmente dedurre come oggi il Petrace per il territorio della Piana e per il mare che la bagna rappresenti una vera «bomba ecologica» di estrema gravità inquinante; a questo va aggiunto lo smaltimento non sempre legale delle acque

[1] Gli affluenti del Petrace sono: Vasì, Diverso, Pietragrande, Petrace (che gli dà il nome), Petrilli, Marro; Cerasia, Barvi, Serra, Torbido, Soli, Taconi, Razza, Sevina, Secca, Calabrò, Acqua di Vina, Galena, Acqua Fredda, Iona, Calabretto, Ferrandina, Boscaino, Brughesi.

[2] I comuni interessati sono quasi tutti situati nel versante Sud-Est della Piana. Essi sono: S.Eufemia d'Aspromonte, Delianuova, Scido, S.Procopio, Cosoleto, S.Cristina, Oppido, Melicuccà, Seminara, Palmi, Gioia Tauro, Rizziconi, Varapodio, Terranova, Molochio, Taurianova, Cittanova.

[3] Gli olivi saraceni costituiscono, per questo territorio, un elemento paesaggistico di notevole impatto, innanzitutto per la loro unicità – non si riscontrano tali piante in nessuna area del Mediterraneo - poi per la loro maestosa altezza, la caratteristica di fruttificare ad ottobre e infine l'altitudine vegetazionale che raggiunge abbondantemente i 700m. s.l.m.

reflue dei frantoi suddetti e lo scarico degli scarti agrumari della prima conversione in succhi che, fino a pochi anni fa, era per lo più formato dalla distruzione della produzione in eccesso[4]. Nella idrografia della Calabria meridionale, se si escludono appunto il Mesima e il Petrace, a qualunque corso idrico è più conveniente il nome di fiumara: un nome che dà bene l'idea della periodicità e delle grandi variazioni forti e rapide di portata, cioè delle piene invernali spaventose e dilaganti, dopo qualche periodo di lunga piovosità, e della aridità quasi totale per 7 o 8 mesi l'anno, quando i loro ghiaieti diventano asciutti, biancheggianti come enormi piste fra le asperità dei monti, e verso il mare tra il verde degli agrumeti. In verità, la straordinaria disparità, così netta da non avere l'uguale in Italia, fra le portate invernali e le minime estive è un elemento comune al regime idrico fluviale della Calabria, nel caso del Mesima e del Petrace la disparità è un po' meno accentuata e vi è continuità di portata in ogni mese. L'elemento principale, forse unico, è la piovosità che riesce a determinare il regime di questi corsi. La vorticosità e la rapacità delle piene giungono a valori elevatissimi a causa anche della poderosa inclinazine dei pendii da cui ha origine il profilo longitudinale fortemente declive dei letti fluviali. L'uomo fiducioso ed insensato cerca di guadagnare territorio occupando i larghi letti e alla fine accadono tragedie annunciate[5]. Per quanto riguarda il Petrace, l'alluvione più disastrosa è quella di fine ottobre del 1953 quando non solo la Piana ma altri territori del reggino sia tirrenici che ionici furono brutalmente colpiti dalle forze della natura. E tuttavia, come sempre accade nei rapporti tra l'uomo e il fiume, nel territorio esiste un legame che, a causa anche di miti e leggende, ha portato la popolazione a percepire in tale elemento geografico un sentimento d'identificazione terri-

[4] Dalla relazione del commissario straordinario per i rifiuti si apprende che esiste un grave problema per la giurisdizione territoriale del compartimento marittimo di Gioia Tauro. Tutti i materiali provenienti dalla demolizione di fabbricati o da scavi che non possono essere utilizzati vengono abbandonati, in assenza di discariche, con utilizzo improprio di terreni ubicati in valloni, fiumi, torrenti e molto spesso questo materiale viene trasportato a mare con danni rilevanti per la flora e la fauna marina.

Il Comando di Gioia Tauro ha effettuato nell'anno 2001 e nei primi mesi del 2002 una ricognizione di corsi d'acqua (fiumi – Petrace – Budello – e Mesima) che dall'entroterra sfociano a mare. Si evidenziano situazioni di grave degrado ambientale e di danneggiamento paesaggistico. Degrado proveniente da insediamenti urbani e dai 325 stabilimenti agro-alimentari, frantoi, industrie agrumarie, censiti nella Piana di Gioia Tauro. Dal gennaio 2001 al febbraio 2002 sono stati effettuati: 150 controlli presso stabilimenti industriali; 20 controlli presso scarichi o sbocchi di liquami di natura fognaria a cielo aperto. Sono scaturiti: 19 comunicazioni di notizie di reato e 17 sequestri di iniziative di attivita` agroalimentari. Sono stati riscontrati danni all'ambiente marino anche per inquinamento chimico-batteriologico per lo sversamento delle fogne dei Comuni, sprovvisti di depuratori. E' stato segnalato che molte amministrazioni non si attivano per realizzare gli allacci fognari a depuratori esistenti o funzionanti. Nella Piana di Gioia Tauro è in funzione il depuratore dell'ASI, peraltro raddoppiato, ma non vi sono gli allacci di parte dei comuni – circa 40 – che potrebbero utilizzarlo. Necessita una più incisiva attività di sensibilizzazione e un costante monitoraggio.

[5] Come dimenticare la recente tragedia di Soverato al camping «Le giare» nel 2000 o quella pure recente, qualche anno prima, di Crotone.

toriale. Esso rappresenta un senso di luogo[6] presente in tutta l'evoluzione temporale del territorio e protagonista, in più epoche, di alcuni avvenimenti storici. Dal punto di vista idrogeologico, il fiume, a causa anche di un insieme di cause concomitanti, ha contribuito all'alterazione e alla varia zione della linea di costa. Bisogna innanzitutto premettere che il litorale da S. Ferdinando verso Sud fino alla spiaggia di Palmi era in un passato assai recente (XIX e XX sec.) caratterizzato da un elevato ciglio di dune (40-60 m.) che impedivano alle acque di defluire facendole ristagnare con la presenza di zone umide e paludose; è solo dalla fine degli anni '20 del XX sec. che l'opera di bonifica ha restituito queste terre all'agricoltura soprattutto agrumaria. La forte urbanizzazione dagli anni '60 in poi e, in seguito dagli anni '70, i lavori di sbancamento per la costruzione di un V Centro Siderurgico mai realizzato e, ad esso correlato, la costruzione faraonica dell'odierno porto (fig. 1), hanno prodotto, nel territorio costiero esaminato, un completo stravolgimento non solo dal punto di vista paesaggistico ma soprattutto da quello morfologico, determinando un'alterazione della linea di costa e una deviazione verso Sud della foce del Petrace, con un relativo innalzamento dei fondali marini, sempre subito a Sud dell'abitato di Gioia Tauro.

Per quanto riguarda l'inquinamento delle acque, lo stato trofico delle acque è classificabile come «elevato», secondo i rilevamenti del Ministero dell'Ambiente per il 2001, i dati delle analisi chimiche eseguite attraverso bioindicatori presentano concentrazioni di Cadmio, Mercurio e Cromo in linea con i valori di fondo misurati per la costa Tirrenica meridionale. L'unico breve tratto di costa dichiarato non balenabile per inquinamento in prossimità dell'area portuale è localizzato in corrispondenza della foce del Fiume Mesima e non mostra valori eccedenti dei

[6] Fra i miti riferibili alla chora rhegina grande importanza ha quello di Oreste, il figlio di Agamennone. Varrone (Rer. Hum. XI, ap. Prob. Proem in Buc. Serv. III, 2) narra che presso Rhegion scorrrono sette fiumi non confluenti. In questi Oreste si sarebbe purificato del matricidio e quindi avrebbe lasciato, appesa ad un albero, la spada, strumento del delitto, che sarebbe rimasta a lungo sul luogo. Oreste avrebbe inoltre costruito il tempio di Apollo, nel cui sacro bosco i Rhegini, secondo il racconto varroniano, venivano a raccogliere un ramo di alloro ogni volta che inviavano una delegazione a Delfi. Tale motivo della purificazione compare anche in Catone (Or. III, ap. Prob. Proem in Buc. Serv. III, 2), il quale precisa che il settimo fiume costituisce il confine fra Rhegion e Tauriana, tramandandone il nome corrotto: Pecoli. Pure Probo (Prob. Proem in Buc. Serv. III, 2) narra che la purificazione sarebbe avvenuta nel fiume che segna il confine del territorio di Rhegion. Lo scoliasta di Teocrito (Proleg., p. 1) precisa che il rito lustrale venne prescritto ad Oreste dall'oracolo, che gli consigliò di lavarsi in sette fiumi che sgorgavano da una sola sorgente. Oreste, quindi, dopo avere attraversato la Tauride insieme con Ifigenia, giunse in Italía e nel territorio di Rhegion individuò i sette fiumi indicati dall'oracolo e vi si bagnò, espiando così il delitto del quale si era macchiato. L'episodio è stato localizzato presso il fiume Métauros, che segnò da confine sino alla fine del IV sec. a. C. fra Rhegion e la chora di Locri, o meglio fra Rhegion e Medma. Il Métauros, identificato con il Petrace sembra essere il fiume più indicato per questo episodio, in quanto sulla sponda destra della sua foce, la città sua omonima, già in possesso dei Rhegini, era stata conquistata in età arcaica dai Locresi; mentre sulla sponda sinistra, ma in una zona montuosa, il santuario di Heracle rhegino rivela i segni di un possedimento da parte della città calcidese almeno fino al VI-V sec. a. C.

FIGURA 1 – *Aereofotogrammetria dell'area portuale.*

parametri chimici, fisici o chimico-fisici imputabili all'attività portuale. Per quanto riguarda l'erosione costiera, il litorale in oggetto presenta condizioni assai precarie: il 52% delle spiagge è a rischio di erosione molto elevato con insediamenti abitativi e turistici a filo di arenile.

2. Il bacino idrografico del Petrace e le nuove normative

Il Piano Stralcio di Bacino per l'assetto idrogeologico previsto dal decreto Sarno è finalizzato alla valutazione dei rischi di frana e alluvione ai quali la Regione Calabria per la sua specificità territoriale (730 Km di costa) ha aggiunto quello dell'erosione costiera. Questo strumento di cui la Regione si dota alla fine del 2001 ad integrazione del Piano di Assetto Idrogeologico (PAI) è il più importante strumento per le specifiche tecniche, norme di attuazione e misure di salvaguardia che possono essere attuate sul territorio calabrese. In particolare bisogna sottolineare che per quanto riguarda i problemi idrogeologici la nuova prospettiva d'intervento viene fondata sul bacino idrografico e non più sulla singola asta fluviale, una tale rivoluzione e visione, stabilita per legge (L. 183/89), viene a rendere più incisivo e completo il controllo e l'azione sul territorio. La L. 183/89 con le suc-

cessive modificazioni aveva previsto anche l'istituzione delle Autorità di Bacino. Già dal 1990 la Calabria avrebbe dovuto costituire tali organismi e non avendovi provveduto, così come è avvenuto per le altre regioni meridionali, ha determinato un'enorme disparità di trattamento con quelle del Centro-Nord, le quali avendo costituito le Autorità di Bacino Nazionali hanno acquisito notevoli risorse finanziarie permettendo così, soprattutto dal punto di vista tecnologico un notevole vantaggio temporale rispetto a quelle meridionali. In altri termini, si è avuto per circa un decennio un ulteriore fattore di divisione fra Nord e Sud della Penisola. Nell'ultimo triennio si è comunque recuperato questo divario rimediando alla disattenzione verso il territorio. Le Autorità di Bacino nella Regione calabrese sono suddivise in 13 aree e l'area 11 è quella che riguarda il fiume Petrace. Il recente PAI della Calabria vuole quindi recuperare il tempo perduto attraverso il ridare unitarietà all'azione pianificatoria e programmatoria del territorio creando un sistema di conoscenza territoriale su basi scientifiche che possano restituire un ruolo attivo alla Regione attraverso organi quali l'Autorità di Bacino in modo tale da acquisire una coscienza sulla necessità di un territorio più sicuro, fondamento di sviluppo economico e sociale, che possa valorizzare le risorse ambientali e paesaggistiche promovendo la cultura della previsione, quindi della prevenzione. Da questo punto di vista si può affermare che il Piano costituisce un momento di osservazione nuovo, basato su conoscenze tecnico-scientifiche, che consentono di superare i luoghi comuni storicamente determinati secondo cui la condizione del territorio della Calabria costituisce un limite al suo decollo. I problemi che insistono sul territorio esaminato possono essere sintetizzati in: mancanza d'interventi pianificati in campo ambientale come discariche RSU e depuratori, anche quando ultimati non attivi; carenza di controlli soprattutto nell'alveo del fiume; un'urbanizzazione diffusa che impedisce azioni oggettive d'intervento; programmazione frammentaria; risorse finanziarie insufficienti; scoordinamento tra gli enti e le diverse competenze territoriali ed istituzionali; una tendenza a rimuovere la memoria sui rischi presenti nel territorio e quindi sulle tragedie che su di esso si sono verificate. Dall'indagine attraverso la sovrapposizione della cartografia IGM del 1955 con quella più recente, si evidenzia con chiarezza che il territorio già vulnerato, oggetto di alluvione negli anni '50, è stato urbanizzato e modificato, spesso anche con la complicità dell'urgenza pianificata. Soprattutto a partire dagli anni '70 si è assistito ad un progressivo stravolgimento del territorio con l'avvio dei lavori di sbancamento per la costruzione del porto di Gioia Tauro. L'erosione costiera e il dissesto idrogeologico sono gli elementi più evidenti. Le varie ordinanze di protezione civile e/o ministeriali che si sono succedute indicano un tipo d'intervento a carattere emergenziale, incapace di porsi come base strutturale e di tipo preventivo; d'altronde fino ad oggi si è proceduto senza un effettivo sistema di conoscenze puntuali e di previsioni pianificate, all'interno delle quali inquadrare gli interi Piani Regolatori generali dei comuni che si sono spes-

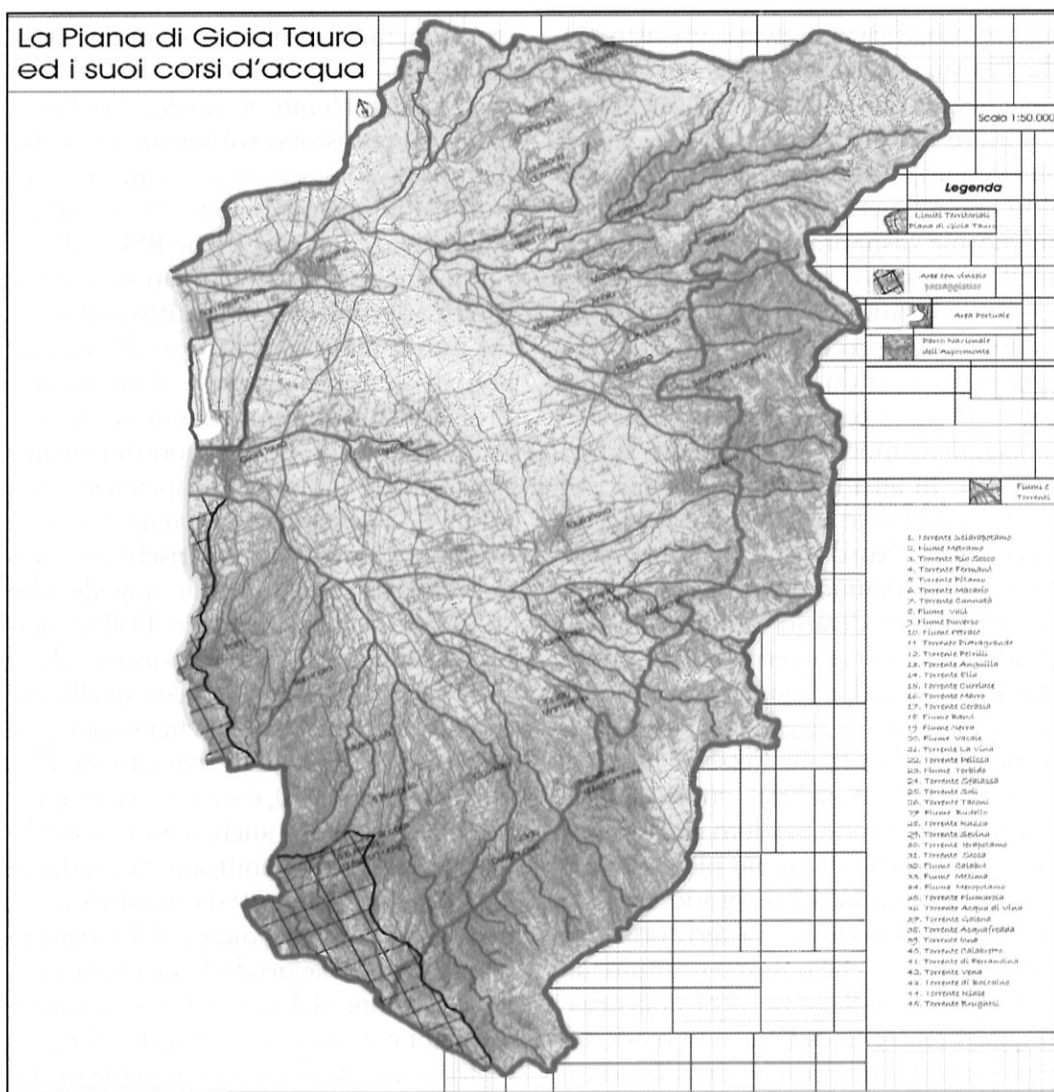



FIGURA 2 – *La Piana con i suoi corsi d'acqua, i limiti portuali, la delimitazione del Parco Nazionale d'Aspromonte e alcune zone a vincolo paesistico.*

so rivelati insufficienti da un lato a salvare le zone a rischio e dall'altro a considerare come risorse ambientali le fasce fluviali o le zone costiere. Le diverse competenze che insistono sul territorio hanno agito non solo senza un'organica legge regionale sulla difesa del suolo ma soprattutto in assenza di un sistema di regole, normative o misure di salvaguardia locali. Se si fa riferimento alla fig. 2, il terri-

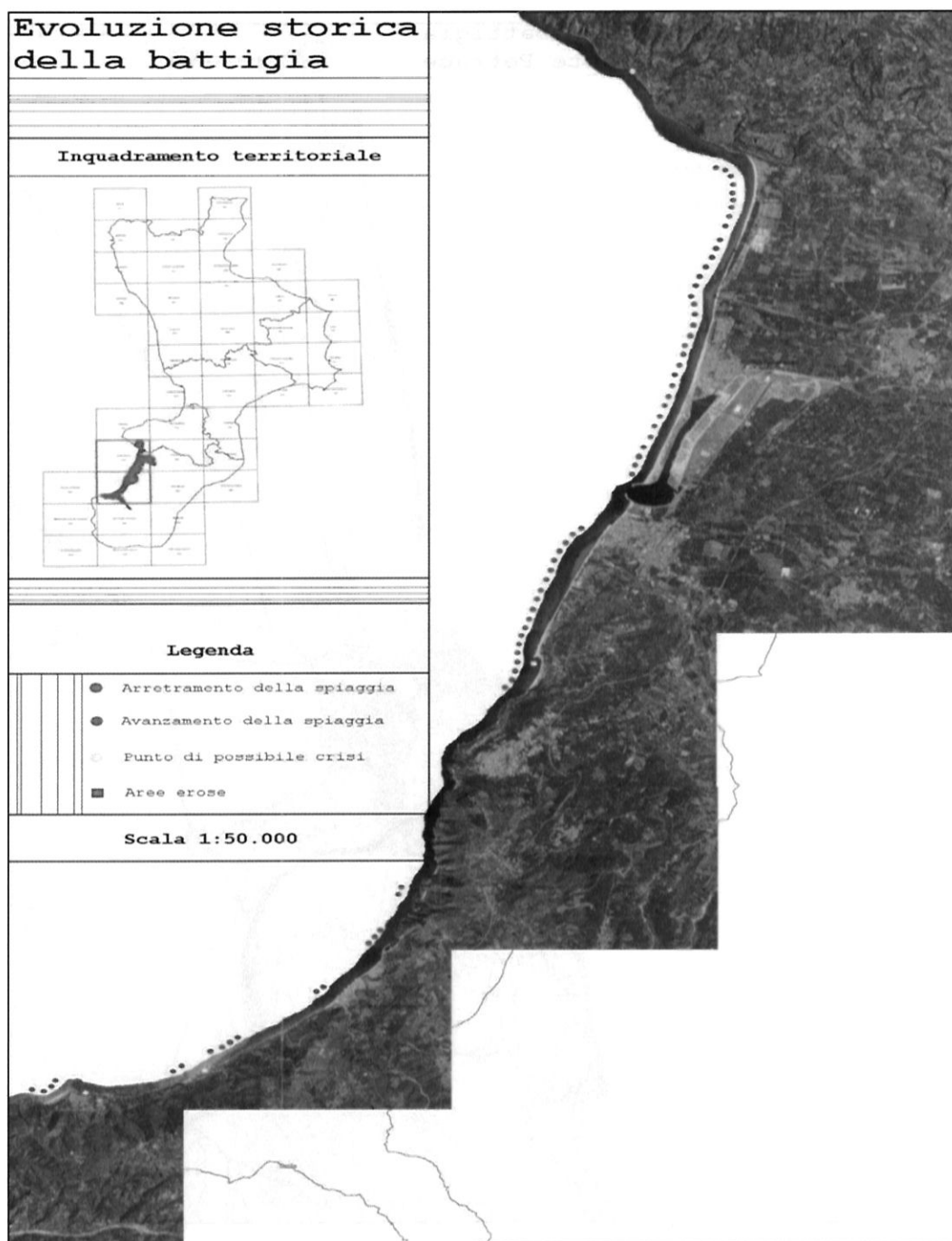



FIGURA 3 – *Le trasformazioni della linea di costa dal 1950 ai giorni nostri.*

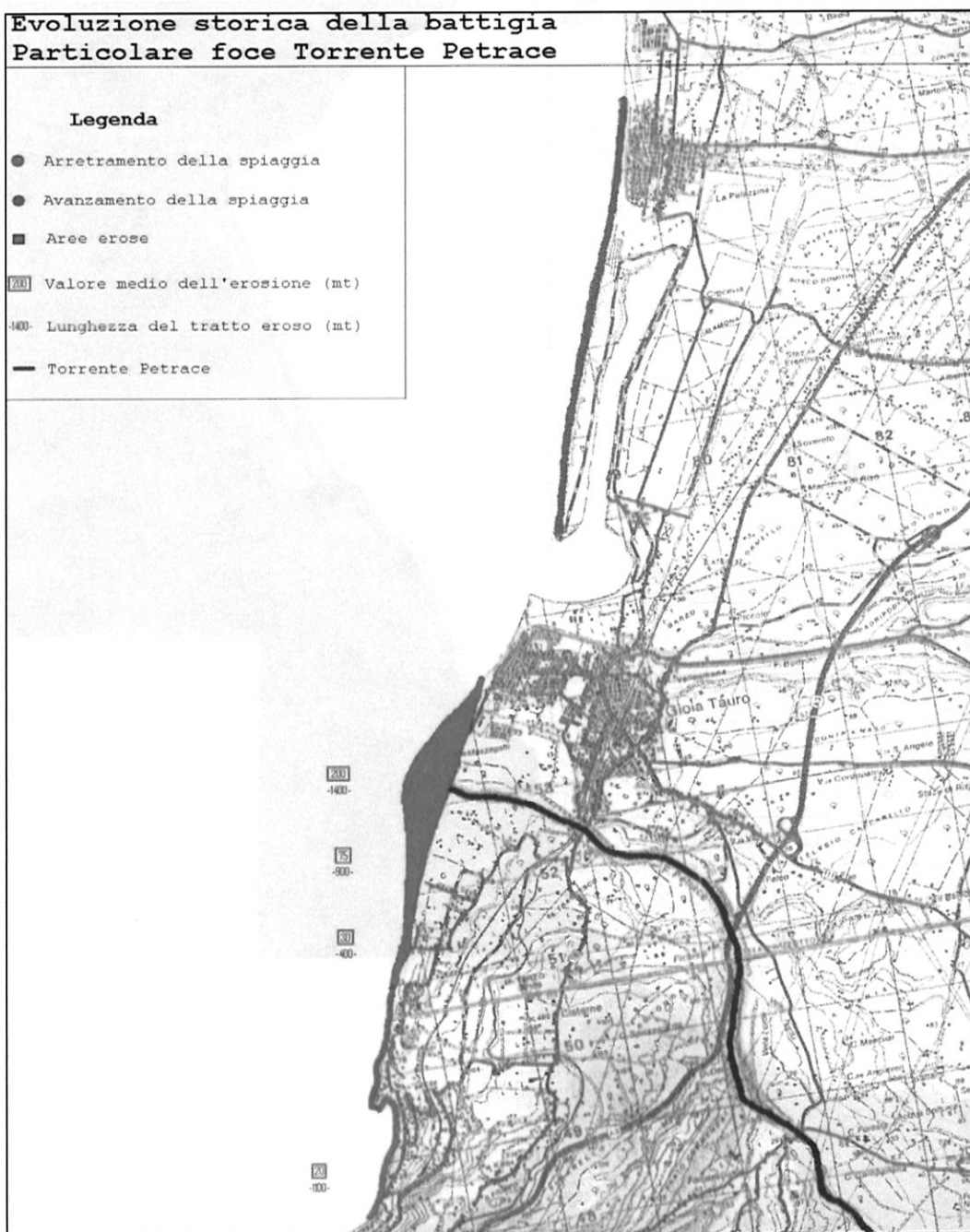



Figura 4 – *Il particolare della foce del Petrace con i dati di erosione in rapporto all'estensione della costa. (scala 1:50.000).*

torio della Piana delimitato, presenta più limiti e vincoli che possono apparire con interessi ed obiettivi a prima vista tra loro contrastanti ma che in realtà non lo sono; sono individuabili per esempio i confini della zona portuale, la delimitazione Nord-occidentale del Parco d'Aspromonte e una parte del territorio verso Sud Ovest, dove la costa comincia a sollevarsi, soggetta a vincolo paesistico. Ma l'elemento dell'erosione costiera più evidente è riscontrabile nelle figg. 3 e 4 dove è possibile individuare, nella prima, lungo la fascia costiera in oggetto un avanzamento e un arretramento della costa a brevi tratti alterni con numerose aree erose e possibili punti di crisi; nella seconda invece il particolare della foce del Petrace dove è ben evidente il notevole arretramento della spiaggia al quale corrisponde poco più a Nord in parallelo all'invaso portuale un altrettanto consistente avanzamento. E' inoltre riscontrabile la deviazione della foce del Petrace più a Sud ed essendo il corso d'acqua limite amministrativo tra Gioia Tauro e Palmi la situazione venutasi a creare ha determinato conflitti di limite.

Brevi note conclusive

La definizione che della Calabria ha dato il grande meridionalista Giustino Fortunato come «sfasciume pendulo sul mare» non ha certo giovato alla regione anzi ha fatto nascere uno storico luogo comune che ha rallentato nei suoi cittadini la presa di coscienza di una cultura ambientale; certamente in nessuna regione italiana il rapporto tra uomo e natura è stato così conflittuale come in questa terra. Tuttavia nuovi orizzonti sembrano oggi delinearsi per affrontare il problema nell'ottica della sostenibilità. Sotto questo aspetto, in mancanza di un'organica legge sulla difesa del suolo in Calabria, l'avvio del PAI sembra colmare quel vuoto non solo legislativo ma soprattutto culturale e conoscitivo delle realtà territoriali. In attesa del Piano di Bacino, esso rappresenta il primo importante tassello a servizio del territorio, degli Enti pubblici e privati, per le informazioni, le conoscenze, le indicazioni normative e la salvaguardia dal rischio che esso può fornire. Sicuramente ciò non può essere sufficiente, se non si raccordano a tale strumento gestionale altri altrettanto necessari, quali il Piano Paesaggistico, il Piano per la tutela delle acque, Piani territoriali di coordinamento provinciale, i Piani di Protezione civile, i Piani per la Forestazione e l'Agricoltura, i Piani di Bonifica per le discariche ecc.

Bibliografia

BRANCATO M., *Qualità della vita, inquinamento ed agricoltura. Il problema dei frantoi in due aree a confronto: Puglia e Calabria*, in «Atti del III Seminario Internazionale di Geografia Medica», Perugia Ed.RUX, 1989. pp. 163-178.

BRANCATO M., *Transizione al cambiamento e percezione ambientale. La Piana di Gioia Tauro*, comunicazione al Seminario Internazionale «Il cambiamento globale dell'ambiente: riflessi geografici della sua percezione e valutazione», Milano, Università Statale, 1993, in Geo & Clio (a cura di)

G. Corna Pellegrini, Global Change Perception. Milano, Guerini Assoc., 1994, pp.175-180.

BRANCATO M., *Il Parco dell'Aspromonte tra ecologia e sviluppo,* comunicazione al IV Convegno Internazionale «La Sardegna nel Mondo Mediterraneo», Sassari, 1993, (a cura di) P. BRANDIS e G. SCANU, Bologna, Pàtron ed., 1995, pp. 159-167.

Brancato M., *La Piana di Gioia Tauro. Un esempio di multiculturalità in Calabria.* In «Atti XXVIII Congresso Geografico Italiano», vol.II, Roma 18-22 giugno 2000, Edigeo, 2003, pp.1277-1288.

GAMBI L., *Calabria,* in «Le Regioni d'Italia». Torino, UTET, 1965.

ISNARDI G., *Frontiera calabrese.* Napoli, ESI, 1965.

LACQUANITI L., *Calabria. Natura e Storia.* Chiaravalle Centrale, FRAMA Sud, 1979.

Bollettino dell'A.I.C., n. 121-122 / 2004

I LAGHETTI COSTIERI DI CAPO PELORO (ME) NELLA CARTOGRAFIA DEI SECC. XVI-XIX

COASTAL LAKES OF CAPO PELORO (ME) IN MAPS OF THE 16th TO THE 19th CENTURIES

Paolo Mazzeo (*)

(*) Dipartimento di Studi sulla Civiltà Moderna - Sezione Geografico-Antropologica - Facoltà di Lettere e Filosofia, Università degli Studi di Messina.

Riassunto

L'indagine è volta ad evidenziare il processo di rappresentazione dei laghi costieri della cuspide peloritana nella cartografia tra XVI e XIX secolo.
Attraverso l'esame di alcune tavole storiche relative alla Sicilia, e più in particolare dei rilievi topografici dell'area di Capo Peloro, si valuterà l'evolversi nel tempo della delineazione cartografica dell'area di questi particolari bacini lacustri ponendone in rilievo il processo di umanizzazione.

Abstract

This research intends to demonstrate how the coastal lakes in the Peloritan area were mapped between the 16th and 19th centuries. By examining historical and topographical maps related to Sicily and particularly the area of Capo Peloro, we have shown the charges in maps of the area around these lakes and of human development.

La delineazione cartografica della Sicilia rispecchia nel tempo l'evoluzione delle conoscenze geografiche e la progressiva acquisizione, da parte dei cartografi, di cognizioni scientifiche sempre più complete (POLTO C., 1999, p. 51). La posizione della Sicilia al centro del bacino mediterraneo e il ruolo politico e culturale dell'Isola, trovano nella percezione collettiva un'eco precisa mediante l'intuizione della sua forma, che sin dall'antichità è ritenuta triangolare: è chiamata perciò Trinacria ed è definita quindi nella sua più immediata caratterizzazione geometrica (IOLI GIGANTE A., 1999, p. 13). In uno dei vertici di questo triangolo «Sicilia» si articola la cuspide peloritana, meglio conosciuta con il nome di Capo Peloro, situato all'estremità nord-orientale della Sicilia nel comune

di Messina, caratterizzata da una zona umida di notevole interesse per la presenza dei bacini lacustri o laghetti costieri di Ganzirri e Faro (ARANCIO A., 2001, p. 10). Le correnti marine, trasportando i detriti dei torrenti sfocianti nello Stretto, hanno favorito nel tempo la formazione dei cordoni sabbiosi dando quindi origine ai laghi salmastri, che costituiscono un ecosistema di grande pregnanza sia per i valori naturalistici che per quelli storico-culturali. Infatti questa «zona» fin dai tempi passati ha interessato studiosi di qualsiasi ambito disciplinare in campo nazionale ed internazionale per la sua singolarità antropologica, ricca di tradizioni popolari e di costume. (BOLOGNARI M., 1985, 1988, 1989, 1990).

Il lago di Ganzirri o Pantano Grande risalente al periodo compreso tra il 3.000 e il 2.500 a.C., ha una superficie di 338.400 mq. ed una profondità massima di 6,50 m.; ha una forma allungata da SW a NE con un diametro maggiore di 1.670 m. e una larghezza media di 203 m. E' collegato con il mare da due canali, uno a N e l'altro a S.; quest'ultimo passa sotto le abitazioni del villaggio chiamato «Catuso». (SANZO L., 1904, p. 244)

Esiste un terzo canale di collegamento con il lago di Faro, probabilmente nell'area in cui nell'antichità esisteva un terzo lago, chiamato Pantano Margi, sito fra i due attuali, come sostengono le fonti antiche. Forse fu prosciugato dagli interramenti provocati dalle correnti marine e da interventi umani. In effetti, in epoca recente, si era formato un terzo lago, che fu prosciugato nel 1848 con materiale di riporto dalla escavazione di uno dei canali che collegavano il lago di Ganzirri con il mare. (CIACCIO C., 1988, p. 398).

Il lago di Faro o Pantano Piccolo, ha una superficie di 263.600 mq. e una profondità massima di circa 28 metri. È collegato con il mare da due canali, uno dei quali sfocia nello Stretto di Messina ed è sempre aperto, l'altro nel mar Tirreno detto «degli Inglesi» in quanto fu creato tra il 1810 ed il 1812, appunto dagli Inglesi presenti nell'Isola; è quasi sempre interrato e viene liberato dalla sabbia nei mesi estivi, quando il moto ondoso è meno intenso rispetto a quello invernale. I due laghi sono collegati tra di loro da un canale.

Il grado di salinità due laghi cambia secondo la piovosità, l'apporto di sorgenti sotterranee e l'evaporazione; infatti il lago di Ganzirri (media tra 29% e 34%), raccoglie buona parte delle acque freatiche superficiali e di quelle provenienti dai corsi d'acqua che scendono dalla catena Peloritana. (BERGAMASCO A., 2002, p.1). Il lago «grande» è diviso in due bacini, il più settentrionale dei quali non raggiunge la profondità di 2 metri ed è fortemente caratterizzato dalla presenza di alghe choetomphalinum; è interessato quasi ogni anno da fenomeni di eutrofizzazione, tali da richiedere la rimozione manuale per il cattivo odore che emanano in quanto in decomposizione. Altro fenomeno interessante è costituito dalla presenza di una sorgente di acqua minerale, nel punto in cui il lago si restringe, testimoniata dalla risalita di bollicine di gas.

Il lago di Faro, tra quelli costieri, è uno dei più profondi d'Italia e certa-

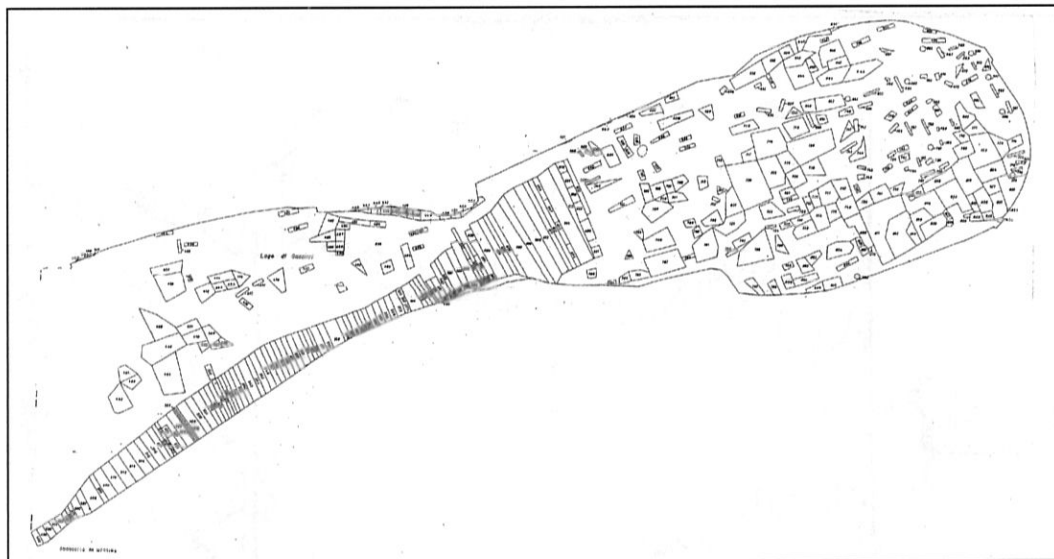



FIGURA 1 – *Particolare del frazionamento del Lago di Ganzirri (Agenzia del Territorio - Ufficio Prov.le di Messina).*

mente il più profondo in Sicilia. I rilievi batimetrici evidenziano che le pareti del lago, in particolare quelle occidentali, dopo i 5 metri raggiungono il fondo con pendenze rilevanti che gli conferiscono una forma ad imbuto, determinata forse da cause tettoniche e, in particolare, da sprofondamenti avvenuti in passato. La salinità media è di circa il 33,7%, mentre l'ossigeno disciolto ha valori normali, tranne quando si verificano le crisi distrofiche, più frequenti in estate. Nel lago vi è una particolarità, cioè la presenza di idrogeno solforato. (GAMBINO J., 1991, pp. 420-421).

I laghi di Ganzirri e di Faro costituiscono due ecosistemi caratterizzati da alti livelli di biodiversità e produttività primaria, legata allo sfruttamento delle risorse biologiche ed in particolare alla mollischicoltura, praticata da oltre un secolo. (BERGAMASCO A., 2002, p. 1).

La situazione giuridica dei laghi è molto complessa. Da quando il re Ferdinando I concesse il diritto di proprietà e di pesca al barone Giuseppe Gregorio, molti sono stati i diverbi fra questa famiglia e i molluschicoltori. Anche se il barone nel 1800 fece aprire un canale di comunicazione tra il lago di Ganzirri ed il mare e poi, a seguire, tra il 1807 e il 1839, gli altri due, tra il lago grande e quello di Faro e quest'ultimo con il mare, i litigi fra la famiglia proprietaria e le altre degli abitanti del luogo furono frequenti. Si ordinò anche ai locali di togliere le barche dal lago e di non praticare più la pesca. Solo alla fine dell''800, quando gli eredi della famiglia Gregorio non pagarono la quota fondiaria, il tribunale or-

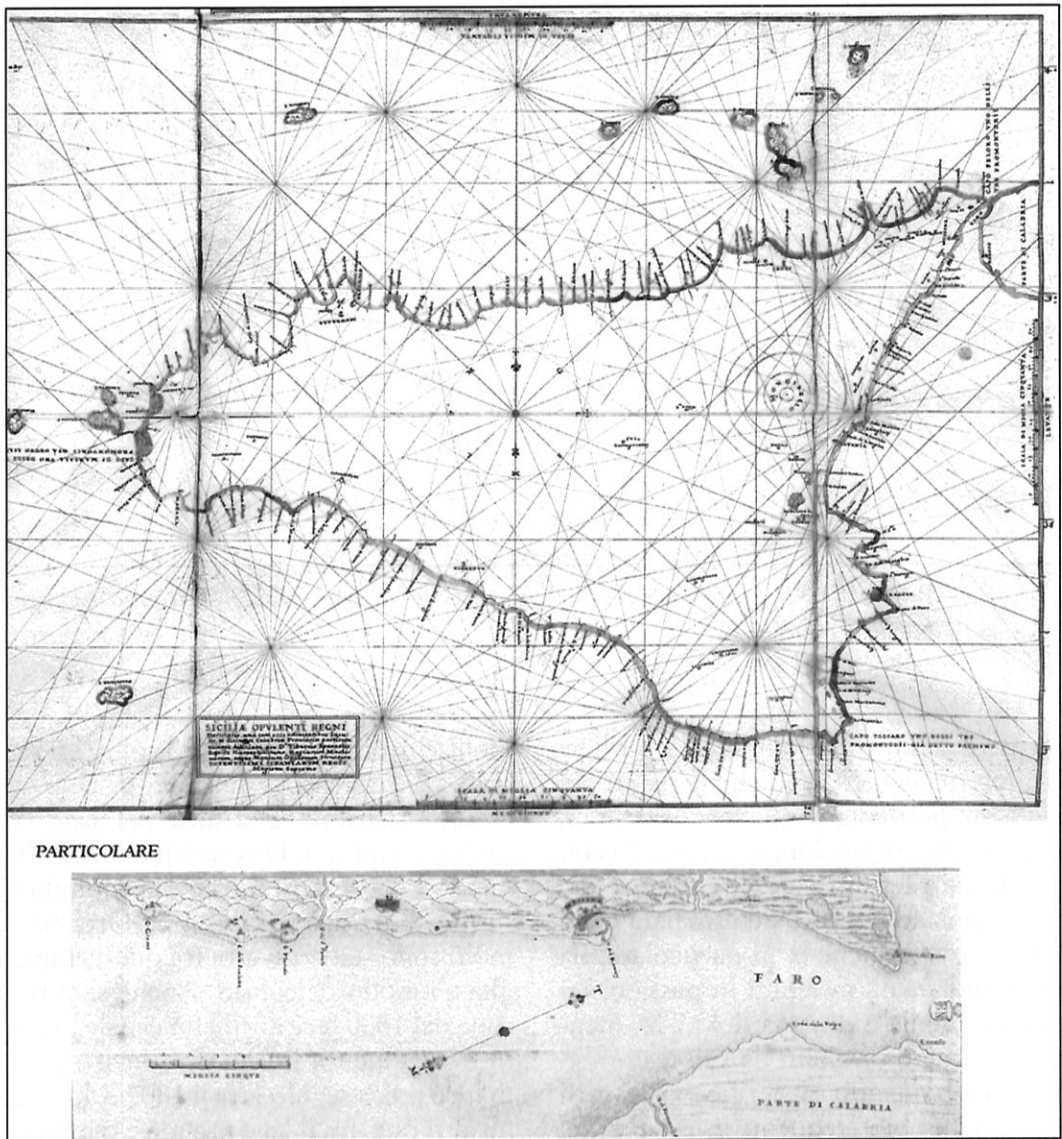



FIGURA 2 – *Carta della Sicilia di Tiburzio Spannocchi (1578) – Particolare.*

dinò la vendita dei laghi, aggiudicando il diritto di pesca alla famiglia Pirandello (MALATINO G.A., 1989, pp. 77-78). Le liti continuarono con questi ultimi proprietari fino a quando i molluschicoltori ne divennero proprietari (alcuni avevano

FIGURA 3 – *Tavola di Camillo Camilliani (1584).*

concessioni di licenza di vendita risalente al governo borbonico). (CIACCIO C., 1988, pp. 398-399).

Nell'Agenzia del Territorio (Catasto) di Messina, il lago di Ganzirri è frazionato in 402 parti – delle quali circa 50 appartengono a più di un titolare con servitù personale di uso, mentre le rimanenti a uno solo. Nel lago di Faro sono 148 gli appezzamenti – 20 appartengono a più di un proprietario e 128 a uno solo. Molti proprietari hanno appezzamenti in entrambi i laghi (A. T., 2004).

Spesso le autorità pubbliche (Sindaco – Sanità), specialmente nei mesi più caldi, con temperature elevate che creano poco ricambio d'acqua con il mare, vietano la stabulazione dei mitili per l'elevato indice di inquinamento dei laghi, principalmente quello di Ganzirri.

Attualmente i modelli di antropizzazione più recenti rischiano di compromettere in modo irrecuperabile le peculiarità specifiche di questo habitat. Da alcuni decenni si assiste all'urbanizzazione delle colline vicine, con una crescente espansione edilizia di tipo residenziale e turistica, senza però nessun adeguamento dei servizi essenziali, quali la rete fognaria, l'illuminazione pubblica e stradale. Da evidenziare poi la forte crescita demografica dei due centri abitati, che oggi contano oltre 10.000 abitanti (Dati comunali 2003), ma principalmente per

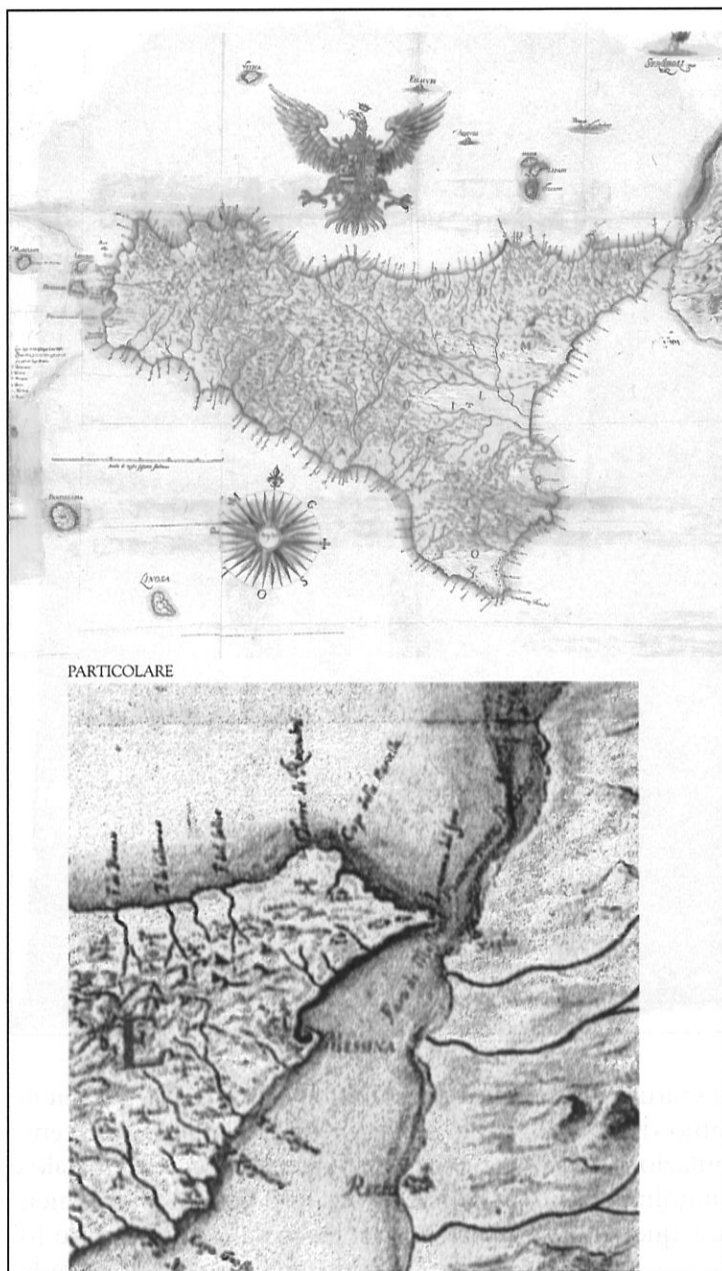



FIGURA 4 – *Carta della Sicilia di F. Negro – C. Ventimiglia (1640) – Particolare.*

la selvaggia lottizzazione edilizia delle colline sovrastanti i laghi.

Sono via via scomparse le attività agricole, un tempo caratterizzate da impianti di pregio destinati alla viticoltura, all'orticoltura e all'olivicoltura e non ultimo alla coltivazione dei fiori anche in serre, nella frazione di Serre. (CIACCIO C., 1988, p. 397; GAMBINO J., 1991, p. 419).

Anche il progettato ponte sullo Stretto di Messina, (CIUCCI P., 2002, pp. 14-19) altererà questo ecosistema. Si tratterà certo di una infrastruttura importante, ma per gli abitanti di quei villaggi quale sarà l'onere e come cambierà questo paesaggio? molte sono le associazioni (WWF, Verdi, Legambiente, ed altre) che cercano di opporsi a questo disegno, ma con scarso successo (ARCIGLI M.-RESTIFO G., 2002, p. 23). Anche se l'area della cuspide messinese è «protetta» e regolata da tante leggi in quanto zona umida o lacustre, scompariranno le tradizioni di una parte di «popolo» che è nato e cresciuto

FIGURA 5 – *Tavola di Samuel von Schmettau (1720-1721).*

nei villaggi di Ganzirri e Faro. Per secoli si è cercato di difendere questo habitat paesaggistico, culturale e storico aggrappandosi anche a delle leggi molto remote.

Appare interessante a questo punto analizzare, nella rappresentazione cartografica storica, la delineazione di questi laghetti, al fine di coglierne la percezione da parte degli estensori delle carte.

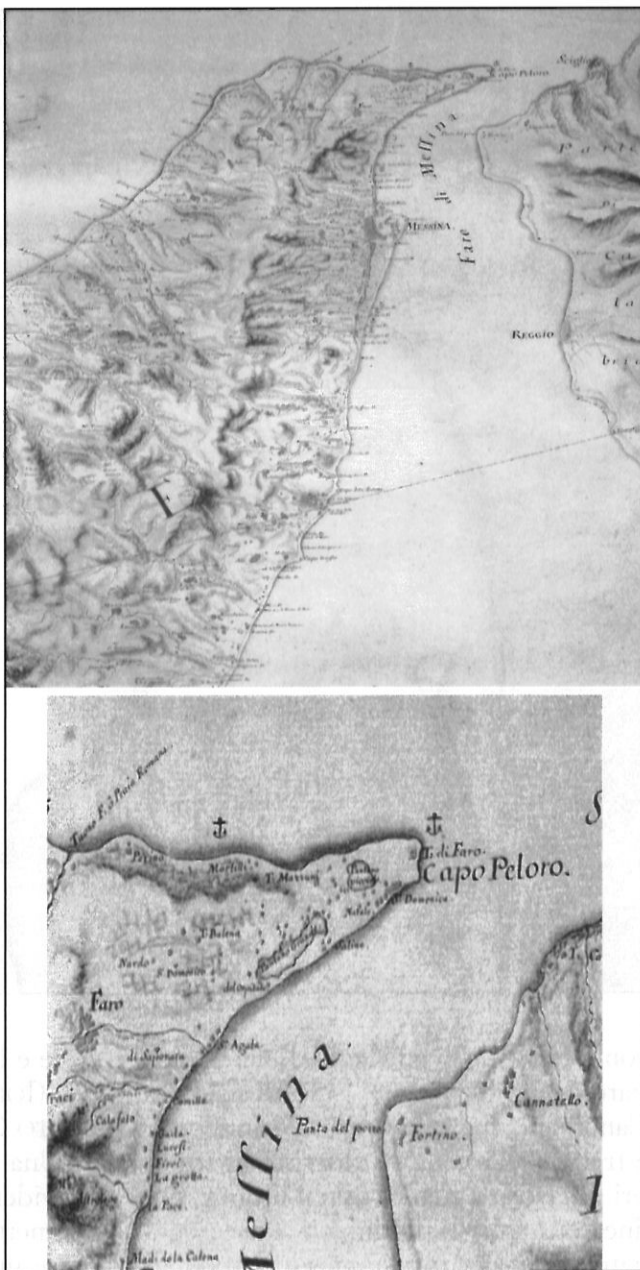
Nella carta della Sicilia di Tiburzio Spannocchi, contenuta nel manoscritto «Descripcion de las marinas de todo el Reyno de Sicilia...», una elaborazione tardiva di un lavoro effettuato nel 1578, a seguito dell'incarico ricevuto dal viceré M.A. Colonna per la rilevazione del litorale siciliano in vista del potenziamento del suo apparato difensivo (IOLI GIGANTE A. - DUFOUR L. - POLTO C., 1999, p. 110), i laghi sono ben visibili ed abbastanza evidenziati dal colore azzurro; ancora più chiari nel «particolare» della tavola, dove si mette in rilievo la costa con la torre del Faro, nella quale «*dovria stare guardia per segnali poi che non vi stanno altri che per cura del fanale*». (POLTO C., 2002, pp. 22-23-28). Chiara la foce della fiumara del Faro (oggi Faro Superiore e torrente Papardo) e, al di là dello Stretto di Messina, la costa calabra.

Il particolare della costa messinese

FIGURA 6 – *Tavola di F.W.C. Schmettau (1800).*

con Capo Peloro ed i laghi di Ganzirri e Faro, nella tavola del 1584 di Camillo Camilliani, che subentrò a Spannocchi, è tratto dall'opera manoscritta in tre libri. Il lavoro riguarda solo il litorale, delineato con molti riferimenti al paesaggio naturale e alla toponomastica (torri di guardia e problemi difensivi). Bene in evidenza lo spazio lacustre nelle forme attuali con le colline e altri aspetti riguardanti la costa. Il pessimo stato del manoscritto acquerellato, danneggiato durante un incendio, non consente una lettura agevole; probabilmente la tecnica di rilevazione è derivata dalla cartografia nautica. (IOLI GIGANTE A. - DUFOUR L. - POLTO C., 1999, pp. 112).

Nella tavola della nuova rappresentazione della Sicilia disegnata da Francesco Negro, sulla base di osservazioni e calcoli di Carlo Ventimiglia del 1640, i laghi sono accennati nella cuspide peloritana, insieme con alcune foci fluviali, al litorale e alla lanterna del Faro. Si tratta di un rilievo di grande bellezza, con la rosa dei venti, l'aquila reale e la scala espressa in miglia siciliane. (IOLI GIGANTE A. - DUFOUR L. - POLTO C., 1999, pp. 112).

Una delle tavole che mettono meglio in evidenza i laghi è quella di Samuel von Schmettau che, tra il 1720 ed il 1721, redasse una nuova carta della Sicilia sulla base di un lavoro scientifico condotto con metodi moderni, al fine di superare gli errori della produzione cartografica precedente. (DUFOUR L., 1995, p. 25).

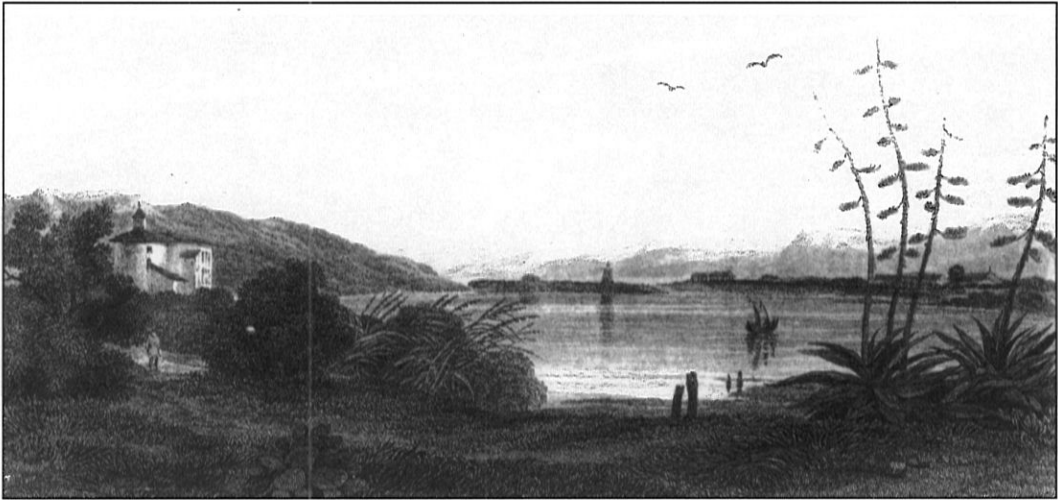



FIGURA 7 – *Veduta del lago nei pressi del Faro (da «Sicilian Scenary», Londra, 1823).*

Questo rilievo costituisce una svolta importante per la cartografia isolana; infatti dopo la sua pubblicazione nel 1748, è diventata il riferimento di tutte le carte successive fino '800. (IOLI GIGANTE A. - DUFOUR L. - POLTO C., 1999, p. 124). In particolare nella tavola 7, riguardante la cuspide nord orientale dell'Isola con il litorale ionico e una piccola parte di quello tirrenico, (DUFOUR L., 1995, p. xx) appaiono chiari molti particolari relativi ai laghi costieri con altri elementi riguardanti il paesaggio naturale (TRISCHITTA D., 1999, p. 25; CALTABIANO A. - TRISCHITTA D., 2003, p. 107) ed umanizzato che

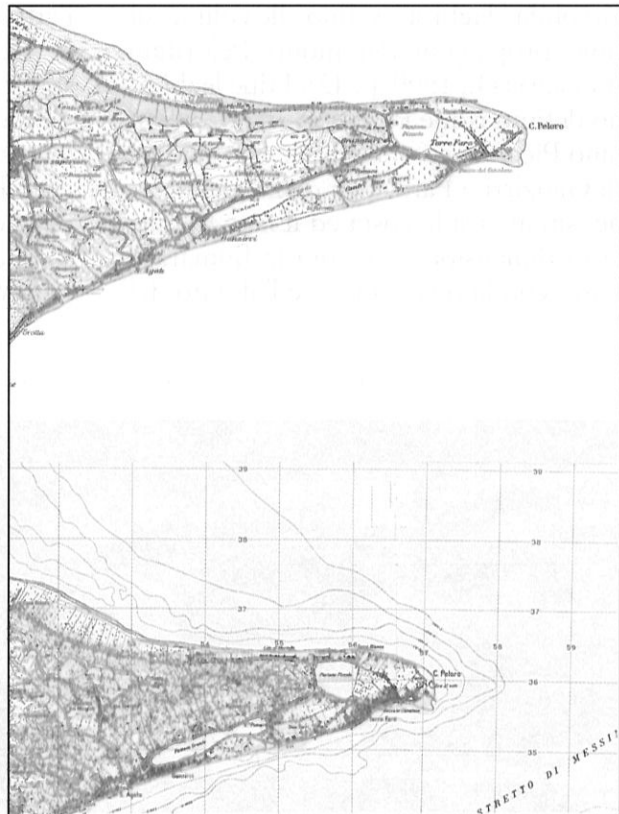



FIGURA 8 – *Tavv. I.G.M.I., F. 254 IV N.E. (Ril. Del 1906- agg. 1937) – (Aer. Del 1967 – Ril. Aer. 1969).*

FIGURA 9 – *Lago di Ganzirri (Aeroguide Sicilia N.E. – Ist. Geogr. De Agostini di Novara 2003).*

circonda i laghi stessi fino alle colline, ultime propaggini dei monti Peloritani. (GAMBINO J., 1999, p. 42). I due laghi sono definiti come Pantano Grande e Pantano Piccolo, con intorno le zone abitate di Ganzirri e Faro. Ben delineate le saline, situate tra la costa ed il lago di maggiori dimensioni e ancora la fiumara di Faro, con la relativa foce e l'abitato dell'attuale villaggio Faro con la frazione di S. Domenica. Anche le colline sovrastanti gli spazi lacustri sono punteggiate da piccole zone abitate. Nei pressi della lanterna del Faro di Capo Peloro è ben visibile un'ancora, usata dall'estensore della carta, per indicare che in quel tratto di costa si può approdare.

F.W.C. von Schmettau proseguì nel-

FIGURA 10 – *Lago di Faro (Aeroguide Sicilia N.E. – Ist. Geogr. De Agostini di Novara, 2003).*

l'immane lavoro compiuto da Samuel von Schmettau, realizzando nel 1800 un rilievo della Sicilia diviso in 39 fogli. Nella tavola 15 è raffigurata la zona dei laghi (DUFOUR L., 1995, p. 108), che mette bene in luce anche lo spazio che li circonda: con la tecnica dello sfumo sono indicate le colline e poi i corsi d'acqua e la linea di definizione della costa.

Tra le carte e le tavole interessante si rivela, anche una «veduta» del lago grande, una incisione acquerellata di P. Dewint tratta da bozzetti originali di M. Light, pubblicata a Londra nel 1823. L'autore mette in evidenza la bellezza del paesaggio con i monti che degradano verso l'imbocco dello Stretto di Messina, con una floridissima vegetazione fatta di ulivi, aloe, canne e fichidindia; la stretta lingua di sabbia tra il mare ed il lago, è punteggiata da alcune abitazioni, mentre le colline da qualche villa signorile. In secondo piano, dietro la lanterna del Faro, le montagne della Calabria.

Nella tavoletta I.G.M. corrispondente al foglio 254 quadrante IV orientamento a N.E scala 1:25.000, del 1906 (con rilevamenti ed aggiornamenti del 1937) il paesaggio appare ancora incontaminato. Sulle colline predominano la vite e l'ulivo, insieme con gli agrumeti e le colture ortive.I centri abitati di Ganzirri e Torre Faro sono accennati con nuclei e case sparse (1906), che diventano via via più fitte per una nuova espansione edilizia arrivata negli anni '60. Ben visibili i collegamenti tra i due laghi, e tra questi e il mare attraverso i canali; vicino alla costa a NE di Ganzirri appaiono in evidenza le saline. Nel rilievo I.G.M. più recente risalente al 1967, si nota chiaramente il completamento della rete viaria attorno agli specchi d'acqua. A capo Peloro sono evidenti la lanterna ed il traliccio dell'Enel, costruito intorno agli anni '50. Altre indicazioni si possono evincere attraverso l'esame della legenda.

L'osservazione attuale dei due laghi rivela la consistente espansione edilizia che ha comportato un notevole degrado, destinato ad aggravarsi con la creazione del ponte sullo Stretto che comporterà un onere non indifferente per gli abitanti del luogo, un tempo dediti all'agricoltura, alla pesca ed alla mollushicoltura, ancor oggi fonte di reddito di molte famiglie di questa zona lacustre.

Bibliografia

APBISCOM - ARCIGLI M.- RESTIFO G., *Le ragioni degli ambientalisti*, in «Città e Territorio», n. 5/6, Doc. Amm.ne Com.le di Messina, 2002, pp. 20-23.

ARANCIO A., *Attrezzature sportive e spazi pubblici nell'area est del Pantano Grande*, in «Città e Territorio», n. 3, Doc. Amm.ne Com.le di Messina, 2001,pp. 10-17.

BERGAMASCO A., *Applicazione di modelli biogeochimici agli ambienti costieri di transizione: il complesso lagunare di Capo Peloro e le altre aree salmastre Siciliane*, abstract pres. a Venezia 14-15 aprile 2002.

BOLOGNARI M., *I pescatori di Ganzirri da comunità di villaggio a periferia urbana,* in «La cultura del mare», Gangemi ed., Roma, 1985, pp. 115-122.

BOLOGNARI M., *Dove il mare è mare*, in «Pescatori Marinai Isolani», Dip. Scienze dell'Educ. Univ. della Calabria, Lab. ed., Cosenza, 1988, pp. 116-131.

BOLOGNARI M., *I venti, i terremoti, e la Fata Morgana*, in «Labirinti», anno II, n. 1, Ed. Orest. Di Ghibellina, 1989, pp. 34-38.

BOLOGNARI M., *Pescatori e cocciolari di Ganzirri fra ecosistema e cultura*, in «La Ricerca Folklorica, n. 21, Brescia, 1990, pp. 57-60.

CALTABIANO A.- TRISCHITTA D., *Attualità e valore geografico ambientale delle Carte militari della Sicilia dal XVII al XIX secolo*, in «Boll. Assoc. Ital. Cartogr., n. 116-2002, Papergraf, Piazzola sul Brenta, 2003, pp. 105-118.

CIACCIO C., *La salvaguardia dei laghi di Ganzirri e Faro*, in «Mem. Soc. Geografic Ital.», vol. XXXIII, estr. Atti Conv.: «La protezione dei laghi e delle zone umide in Italia», Pacini Ed., Pisa, 1988, pp. 395-403.

CIUCCI P., *Il Progetto del Ponte ed il Territorio*, in «Città e Territorio», Doc. Amm.ne Com.le di Messina, 2002, pp. 14-19.

DUFOUR L., *La Sicilia disegnata – La carta di Samuel von Schmettau 1720-1721*, Soc. Sic. Storia Patria di Palermo, Tip. Lussografica, Caltanissetta, 1995.

GAMBINO J., *La laguna di Capo Peloro: un ecosistema a rischio*, in «L'uomo e il Parco», Univ. degli Studi di Messina, Ind. Pol. Sic., Messina, 1991, pp. 417-433.

IOLI GIGANTE A., *La cartografia militare nel processo di conoscenza del territorio siciliano*, in «Mem. Soc. Geogr. Ital.», vol. LVIII, Effigies Siciliane, Soc. Geogr. Ital., Roma 1999, Ed. Brigati, Genova, 1999, pp. 13-24.

IOLI GIGANTE A.-DUFOUR L.-POLTO C., *Effigies Siciliane - Elementi per un catalogo delle carte geografiche*, in «Mem. Soc. Geogr. Ital.», vol. LVIII, Soc. Geogr. Ital. Roma 1999, Ed. Brigati, Genova, 1999, pp. 101-136.

MALATINO G. A., *Diritti di pesca e mitilicoltura nei laghi di Ganzirri e Faro di Messina: cenni storici e vicende giurisdizionali*, in «Arch. Storico Messinese», n. 53, Messina, 1989, pp. 69-235.

POLTO C., *Porti e approdi nella cartografia militare della Sicilia tra XVI e XVIII se-colo*, in «Mem. Soc. Geogr. Ital.», vol. LVIII, Soc. Geogr. Ital., Roma 1999, Ed. Brigati, Genova, 1999, pp. 51-67.

POLTO C., *La Sicilia di Tiburzio Spannocchi – Una cartografia per la conoscenza e il dominio del territorio nel secolo XVI* , Ist. Geogr. Militare, Firenze, 2002.

SANZO L., *Sulle cause dell'attuale moria dei molluschi bivalvi coltivati nei laghi di Ganzirri e del Faro (Messina)*, in «Atti R. Acc. Pel.», vol. XIX, fasc. I (1904-1905) Tip. D'Amico, Messina, 1904, pp. 241-260.

TRISCHITTA D., *Il paesaggio naturale nelle rilevazioni militari*, in «Mem. Soc. Geografica Ital.», vol. LVIII, Soc. Geogr. Ital., Roma 1999, Ed. Brigati, Genova,1999, pp. 25-33.

Bollettino dell'A.I.C., n. 121-122 / 2004

LA FUNZIONE ECONOMICA DEL FIUME ANAPO NELLA CARTOGRAFIA DEI SECOLI XVIII-XIX

THE ECONOMICAL FUNCTION OF THE RIVER ANAPO IN 18TH AND 19TH CENTURIES MAPS

Corradina Polto (*)

(*) Dipartimento di Studi sulla Civiltà Moderna, Facoltà di Lettere - Università di Messina, e-mail: c.polto@eniware.it.

Riassunto

Lo studio è rivolto all'esame della delineazione del corso del fiume Anapo nella rappresentazione cartografica storica del territorio siracusano.
Appena accennato nelle carte più note per l'esiguità del suo corso, il fiume diviene protagonista in alcuni documenti manoscritti che ne evidenziano la funzione economica, sia per l'attività molitoria che per la produzione di fibre tessili.

Abstract

Object of this research is to esamine the course of the river Anapo as one can see it in the maps of the Syracuse territory through history.
The river Anapo, hardly mentioned in the best known maps for the meagreness of its course, becomes protagonist in some documents and manoscripts which underline its economical function, both for the milling industry as well as for the production of textile fibres.

> «Ed Anapo mi amò, nè da terrore
> come costei, ma sol da amor
> commossa
> mio l'accettai........»
> (Ovidio, *Metamorfosi,*V)

Così la Ninfa siracusana Ciane rievoca la sua unione con Anapo, frutto di amore e non di violenza come per Proserpina. Per aver osato trattenere il cocchio con cui il Dio stava trasportando la fanciulla agli Inferi, Ciane fu trasformata da lui in una sorgente di acque turchine ed Anapo, il giovane da lei amato, in un fiume.

Attraverso un processo di personificazione veniva così definita nel mito la facies del fiume Anapo, che quasi in un connubio, accoglieva[1] le acque della sorgente Ciane poco prima di sfociare nel porto di Siracusa.

L'Anapo è menzionato, del resto, da diversi autori dell'antichità: Teocrito (Idilli, 7), ad esempio, ricorda che i Ciclopi solevano sedersi presso le sue sponde e Polifemo vi aveva fissato la sua dimora. Tucidide (VI, 66) riferisce che durante la guerra del Peloponneso gli Ateniesi, per isolare Siracusa e attaccarla, tagliarono il ponte che collegava le due sponde dell'Anapo. Livio (XXXIV, 36) ricorda che nei pressi del fiume si accampò Imilcone con i suoi Cartaginesi, mentre Marcello con i Romani era a Siracusa.

Ma al di là di questi riferimenti storico-mitologici sin dall'antichità è stato di notevole rilievo il ruolo del fiume Anapo per la vita stessa della città, sia per quanto concerne l'approvvigionamento idrico, sia per l'affermazione di alcune attività economiche, rese possibili dall'uso delle sue acque.

In età greca la creazione dell'acquedotto Galerme (TORELLI - COARELLI, 1984, pp. 252, 261, 264, 266), scavato in parte nella viva roccia, con un percorso di oltre 20 miglia, permise di portare le acque dell'Anapo e dei suoi affluenti in città. Le acque del fiume, inoltre, consentirono una intensa attività molitoria ed una buona attività agricola, orientata, specie nella parte terminale del corso, verso la produzione di fibre tessili.

L'Anapo è, infatti, il corso d'acqua più importante del territorio siracusano. Nasce negli alti

Iblei, in prossimità del Monte Lauro, e sfocia nel porto di Siracusa dopo un cammino di circa 52 Km. (MIN.A.I.C., 1909, pp.172-179. Nel suo corso riceve le acque di quattro affluenti principali e di numerosissime sorgenti (MIN.LL.PP., 1934, pp. 222-225); Vito Amico (AMICO, 1855, I, p. 93) afferma anzi che sono addirittura 366. Dopo avere lambito le colline iblee nella parte alta del suo corso, attraversa i pendii via via più dolci dei tavolati per giungere, infine, al piano.

Assente nelle rappresentazioni cartografiche più remote della Sicilia, scarne sovente di informazioni, il corso dell'Anapo appare ben delineato dall'età rinascimentale in avanti, quando le carte si arricchiscono via via di nuovi elementi, grazie alla diffusione dei viaggi e della cultura geografica. Così nella tavola della Sicilia redatta da Giacomo Gastaldi nel 1545 ed accolta nel «*Theatrum Orbis Terrarum*» di Ortelio, appare chiaro il corso del fiume dalle sorgenti sino alla foce, nell'ampia rada del porto di Siracusa; anche nella tavola raffigurante la Sicilia, quasi una astrazione concettuale, della «*Cosmografiae Universalis Libri VI*» di Münster del 1550, appare ben delineato il corso del fiume che trae le sue origini dal massiccio

[1] A seguito di interventi volti a regimentare il deflusso delle acque, oggi l'Anapo ed il Ciane hanno foci distinte anche se distanti poche diecine di metri.

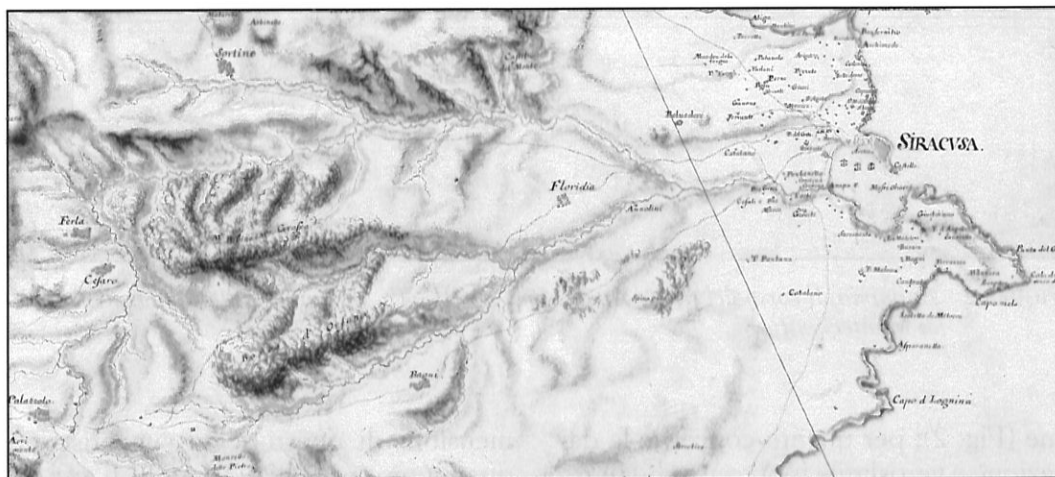



FIGURA 1 - *Samuel von Schmettau, La Sicilia. 1721. Tav. 21 (particolare). Biblioteca Nazionale di Vienna.*

montuoso, sito quasi al centro dell'Isola, per sfociare nell'area portuale di Siracusa. Di particolare interesse si rivela la rappresentazione della «*Siciliae Veteris Typus*» orteliana del 1584, che nel riferire le peculiarità morfologiche ed insediative dell'Isola in età classica, richiama il mito di Anapo e Ciane. Ancora più accurata la delineazione del fiume nella carta di Mercatore del 1589, dove sono chiaramente indicati a monte il maggiore affluente, il rio Bottigliera, e nell'area prossima alla foce le sorgenti Pisma e Pismotta. Più precisa l'indicazione del fiume Anapo nella tavola del 1607 di A.Magini, come del resto nella bella carta di Guillaume de l'Isle del 1714. Ma certo la più corretta descrizione del corso del fiume è quella redatta da Samuel von Schmettau nella grande tavola della Sicilia del 1721 (DUFOUR, 1995). Con estremo nitore del tratto il rilievo (Fig. 1) evidenzia le diverse scaturigini dei rami principali del fiume presso Palazzolo, Sortino e Bagni, che incidono profondamente il tavolato calcareo ibleo rastremando, in particolare, l'acrocoro su cui si ergono i resti dell'insediamento siculo di Pantalica, quasi una prora di nave in posizione dominante sulle valli circostanti. Poi, più a valle, la confluenza dei diversi rivi che generano l'Anapo.

I rilievi a piccola scala del territorio siracusano si rivelano, ovviamente, assai più precisi per la delineazione del corso dell'Anapo, di cui evidenziano le peculiarità morfologiche e la valenza economica. In particolare è di grande interesse un disegno acquerellato (BENEVENTANO DEL BOSCO, 1995, pp. 126-127) di notevoli dimensioni (cm 400 x 85) di autore ignoto e purtroppo privo di scala, di legenda e di cartiglio, per cui non è possibile cogliere il significato delle lettere apposte lungo i diversi rami del fiu-

FIGURA 2 - *Anonimo, Il corso del fiume Anapo. Sec. XVIII-XIX. Siracusa, Collezione Beneventano di Monteclimiti.*

me (Fig. 2); per quanto concerne la datazione è verosimile ipotizzare che fu redatto probabilmente tra la fine del '700 ed il primo '800, dato che tra i diversi agglomerati raffigurati compare S. Paolo Solarino, uno dei centri di nuova colonizzazione, fondato nel 1759 (Mori, 1919, p. 175); inoltre l'incasato di Siracusa, limitato all'isolotto di Ortigia, appare ancora rinserrato dalle mura e dalle strutture fortificatorie, demolite solo a fine Ottocento. La tavola ritrae tutta la valle dell'Anapo con le sue peculiarità naturali ed antropiche. A monte, sulla sinistra, le numerose sorgenti del fiume, affioranti negli alti Iblei, che via via confluiscono nel corso principale, qui chiamato Alfeo, secondo la tradizione locale, legata al mito di Aretusa.

Rada nelle aree elevate la coperta vegetale, che si infittisce nella zona collinare centrale, dove è segnalato un bosco.

Il paesaggio appare fortemente umanizzato per la presenza di diversi centri, rappresentati, secondo la tradizione iconografica, con piccoli rilievi prospettici: a monte Buscemi, Palazzolo, Cassaro, Ferla e Sortino; più a valle S.Paolo Solarino, Floridia e Belvedere. Le diverse dimensioni di questi segni suggeriscono quasi una gerarchia dei piccoli centri, dominata palesemente da Sortino ; ma si tratta di una supremazia reale o piuttosto percepita dall'estensore della carta o meglio ancora dovuta all'esigenza di compiacere il committente della tavola stessa? L'analisi dei dati demografici relativi al periodo compreso tra la metà del '700 e l'Unità rivela una più cospicua dimensione demografica di Palazzolo ed un progressivo incremento di Floridia (Tab. 1); è probabile, pertanto, che le dimensioni assegnate al simbolo riferito a Sortino costituiscano un omaggio ai Marchesi Gaetani, feudatari di Sortino (MESSINA-CORRIDORE,1988).

D'altro canto la delimitazione ben marcata del confine della terra di Sortino costituisce una prova ulteriore di questa tesi.

Di estremo interesse è poi la dislocazione lungo i diversi bracci fluviali di numerosissimi mulini, manifestazione palese di un'intensa attività molitaria che si svolgeva nella valle dell'Anapo. Proprio questi mulini furono oggetto di contese durate tre secoli tra i baroni di Sortino ed il Senato siracusano.

TABELLA 1 – *La dinamica demografica dei centri della valle dell'Anapo. 1747-1861.*

Anni	*Palazzolo*	*Buscemi*	*Cassaro*	*Ferla*	*Sortino*	*Solarino*	*Floridia*
1747	6540	2138	1066	3172	5249	235	2327
1798	8520	2840	1680	3598	7155	350	4130
1806	7930	2840	1559	3451	7288	1035	4674
1831	9546	3158	1750	3836	7776	1846	7266
1861	10219	2354	1625	3693	8501	2408	8131

Fonte: LONGHITANO G., *Studi di storia della popolazione siciliana. Riveli, numerazioni, censimenti. (1569-1861)*, Catania, CUECM, 1988, pp. 70-71.

Secondo quanto riferisce lo storico locale S. Privitera (PRIVITERA,1878, II, p. 164) nel 1558 un violento nubifragio ingrossò il fiume di Sortino che fu invasa dalle acque; la piena si riversò poi nel basso corso dell'Anapo, che straripò devastando le campagne, le case e distruggendo dodici mulini dislocati lungo il suo corso. Venne così a mancare la farina, per cui si approntarono all'interno della città numerosi centimoli, mulini a macina, azionati da equini.

Successivamente si diffuse in Sicilia una grave epidemia di peste, portata da una galea infetta proveniente dall'Egitto; a Siracusa, in particolare l'epidemia si protrasse fino al 1576 (PRIVITERA, 1878, II, p.174), provocando perdite gravissime che piegarono la città. La morte o le condizioni miserevoli dei proprietari rendevano inoperosi i centimoli aggravando le condizioni della città ridotta alla fame. Gravi erano anche i problemi idrici a seguito delle condizioni precarie in cui versava l'antico acquedotto Galerme che necessitava di opere di ripristino. Il Senato decise allora di cedere a Pietro Gaetani, barone di Sortino, il controllo delle acque dell'Anapo e dei suoi affluenti affinchè si facesse carico del restauro dell'antico acquedotto che portava l'acqua a Siracusa passando per le terre del barone stesso, il quale si obbligava a tali opere incanalando le acque disperse per condurle fino al salto Galerme, presso il teatro greco, alle porte di Siracusa; si impegnava, inoltre, a costruire entro 15 anni lungo il fiume tanti mulini quanti erano necessari per la città ed il contado, acquisendo in cambio per sè e per i discendenti il possesso ed il lucro dell'attività molitoria. Si riservava anche il «diritto proibitivo» che impediva a chiunque di edificare nuovi mulini nel territorio di Siracusa (A.S.S., 16/11/1576).

Questa scelta del Senato fu in seguito giudicata negativamente, ma era stata dettata da una situazione di necessità.

In verità il Gaetani convogliò le acque di diversi rivi che sgorgavano presso Càssaro in canali per oltre trenta miglia e ripristinò per diciotto miglia le antiche condutture con un onere finanziario di 100.000 onze (A.S.S., 7/6/1751).

È ovvio che in questa operazione ebbe il suo tornaconto, inoltre, di fatto, condizionava l'erogazione dell'acqua nei

siti a valle e nella città stessa servendosi di inghiottitoi, detti «peritoie», forse creati nell'antichità per interrompere il flusso delle acque in caso di piene del fiume.

Già nel 1690 era sorta una controversia con il monastero di S. Benedetto di Siracusa, proprietario del feudo di Diddino, i cui mulini restavano a secco; gli stessi problemi lamentavano il duca di Floridia e il principe di Linguaglossa, proprietari di alcuni mulini nelle zone di Diddino e Carancino; molti erano, inoltre, coloro che per la mancanza d'acqua non potevano irrigare i campi.

A tale proposito si rivela interessante un disegno intitolato «*Borrone della pianta della contraria parte dell'Ill.mo duca di Floridia*» (A.S.S.1785), redatto dall'architetto di Sortino Gaetano Veca e datato 17 maggio 1785 (Fig. 3), nel quale è delineato il corso del fiume ed del suo l'affluente Timbri con tutti i mulini dislocati lungo le sue rive, contraddistinti da lettere e da numeri romani. Nella parte alta del disegno si può cogliere l'indicazione relativa ai centri di Palazzolo, Cassaro, Buscemi e Sortino presso i quali affiorano le scaturigini del fiume. Chiara la dislocazione di una ventina di mulini sgranati lungo i balzi del letto fluviale. Nella parte centrale del disegno, tra i centri di Floridia e Belvedere, vengono indicati con le lettere romane «IV,V,VI» i «*peritori*», gli inghiottitoi usati per interrompere il flusso delle acque. Subito sotto Belvedere tre mulini allineati, appartenenti al signore di Belvedere, al duca di Floridia e a tale Matteo Ponso, tutti nel territorio di Siracusa, che «*macinano con acqua di detto fiume Timbri quando non si fa perire*». Dunque il signore di Sortino, attraverso le «*peritoie*» controllava a sua discrezione il deflusso delle acque, arrecando così nocumento ai possessori dei mulini situati più a valle. Ancora una ventina di anni dopo P. Balsamo, nel suo «Giornale», ricorda le lamentele di alcuni signori siracusani per la pratica dei «*peritori*» attraverso i quali il marchese di Sortino faceva sprofondare a bella posta le acque dell'Anapo eccedenti rispetto alle sue esigenze, impedendo così il naturale deflusso più a valle, verso la campagna siracusana (BALSAMO, 1809, p. 225).

Più lunghe e complesse le controversie relative ai mulini che erano sorti nell'area del teatro greco (RUSSO DRAGO, 1992), azionati anch'essi dalle acque dell'Anapo e della sorgente Galerme che, attraverso l'antico acquedotto, raggiungevano la costruzione sopra il Ninfeo, alle spalle del teatro, e da qui si distribuivano ai mulini (CAVALLARI, 1889, p. 105). Secoli di incuria avevano fatto sì che in buona parte la cavea fosse stata ricoperta di terriccio ed invasa dalla vegetazione spontanea; in particolare, per sfruttarne la naturale pendenza, era stato creato un mulino proprio sulle gradinate, come si può osservare nella tavola elaborata da A. Bova per l'opera di A. Leanti (LEANTI, 1761) che ne riproduce la dislocazione (Fig. 4). Già i diversi viaggiatori che dal '700 in avanti, sulla scia della moda del Grand Tour, venivano a Siracusa non avevano mancato di rilevare nei loro diari il disappunto per le condizioni di degrado del teatro, aggravate dalla presenza dei mulini e dalla grande quantità di acqua che inondava le

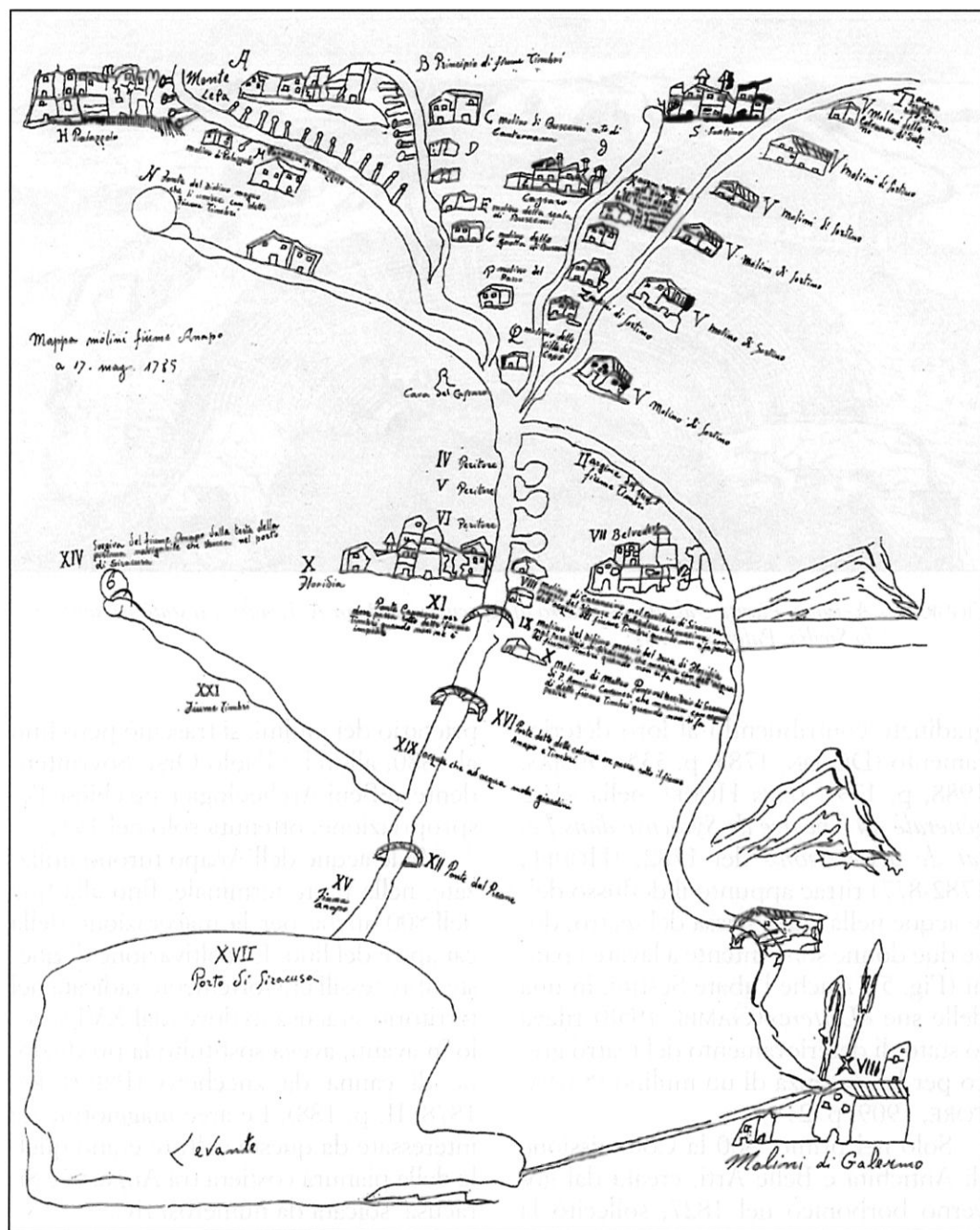



FIGURA 3 - *Borrone della pianta della contraria parte dell'Ill.mo Duca di Floridia. Siracusa, Archivio di Stato.*

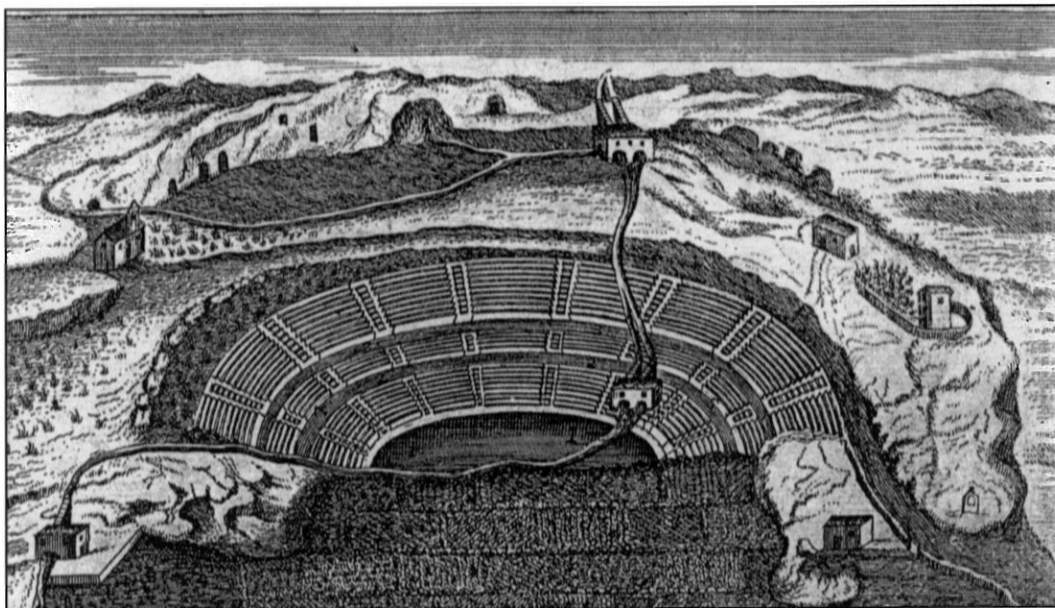



FIGURA 4 - *A. Bova, Pianta e alzata del teatro di Siracusa. 1761, in A. Leanti, Lo stato presente della Sicilia. Palermo, 1761.*

gradinate contribuendo al loro deterioramento (DENON, 1785, p. 335; DUMAS, 1988, p. 179). JEAN HOUEL nella «*Vue génerale du Théatre de Syracuse dans l'etat de distruction*» del 1782, (HOUEL, 1782-877) ritrae appunto il deflusso delle acque nella parte bassa del teatro, dove due donne sono intente a lavare i panni (Fig. 5). Anche l'abate Sestini, in una delle sue «*Lettere*»(GAMBI, 1958) rileva lo stato di deterioramento del teatro greco per la presenza di un mulino (SALVATORE, 1909, p. 231).

Solo nel primo '800 la Commissione di Antichità e Belle Arti, creata dal governo borbonico nel 1827, sollecitò la demolizione di questi mulini. per restituire dignità all'antico teatro. La controversia con il marchese di Sortino, proprietario dei mulini, si trascinò però fino al 1880, allorchè Paolo Orsi, Sovrintendente ai Beni Archeologici, ne chiese l'espropriazione, ottenuta solo nel 1917.

Ma le acque dell'Anapo furono utilizzate, nella parte terminale, fino alla fine dell'800 anche per la macerazione della canapa e del lino. La coltivazione di queste fibre tessili era fortemente radicata nel territorio siracusano dove, dal XVI secolo in avanti, aveva sostituito la produzione di canna da zucchero (PRIVITERA, 1878, II, p. 188). Le aree maggiormente interessate da queste colture erano quelle della pianura costiera tra Augusta e Siracusa, solcata da numerosi rivi.

La macerazione della canapa e del lino avveniva in gran parte nella parte terminale del fiume produceva però miasmi

FIGURA 5 - *Houel J., Vue génerale du Théatre de Syracuse dans l'etat de distruction», in Houel J., Voyage pittoresque de Isles de Sicile, Malthe et Lipari. Paris, 1782-87.*

ed esalazioni nocive, che destarono reiteratamente l'attenzione degli organi preposti alla salute pubblica. Già nel 1743, sotto Carlo III, dopo l'epidemia di peste, fu creata una Deputazione di Salute per regolare le coltivazioni che in qualche modo potevano arrecare nocumento ai cittadini. Nel 1780, sotto Ferdinando III, il Comandante della Piazza di Siracusa ordinò una ispezione nelle aree in cui si maceravano la canapa e il lino per valutarne il grado di rischio per l'incolumità pubblica. Tra la fine del secolo ed il principio dell'800 molte furono le controversie in merito, finché una ordinanza della «Commissione Provvisoria di Salute Pubblica per la Sicilia e sue isole adiacenti», emanata a Palermo in data 15 agosto 1819, sancì, per le coltivazioni di canapa, l'obbligo di una distanza dagli abitati non inferiore a due miglia, elevate successivamente a tre con il Rescritto del 1824. L'Intendenza della Valle di Siracusa, per un maggiore controllo, demandò al Senato della città l'obbligo di indicare i siti da destinare alla macerazione della canapa. Come si evince dai documenti (A.S.S., Siracusa, 1834), le aree prescelte erano quelle della foce dell'Anapo, dove « *sin da tempo immemorabile si è fatta la macerazione dei canapi e lini non avendo prodotto alcuna conseguenza alla pubblica salute*», e poi alcuni fondi del vicino Pantano Magno, dove già «... *furono in esercizio da circa dieci anni a questa parte le vasche costrutte a bonache per la macerazione dei canapi e lini...*». Questa produzione pro-

vocava certo esalazioni maleodoranti, ma costituiva, al tempo stesso, una risorsa economica per il territorio tanto rilevante che nel 1850 il governo borbonico dichiarò demaniali le acque dell'Anapo imponendo un balzello sulla macerazione delle canape e dei lini, proibendo, al tempo stesso, i maceratoi privati.

Dopo l'Unità furono lunghe e complesse le controversie tra il governo, che individuava in questa pratica la fonte delle febbri intermittenti che colpivano non solo i lavoratori della zona, ma anche coloro che transitavano sulla vicina via per Noto, e le autorità locali che sostenevano questa attività che costituiva una buona risorsa economica per il territorio, affermandone l'innocuità dato che la macerazione avveniva in acque correnti e non come in passato, nei maceratoi privati ad acque stagnanti. Semmai la fonte della malaria doveva ricercarsi nelle vicine paludi Lisimelie, di cui si auspicava la bonifica.

In questo clima si inserisce la redazione di un volumetto a sostegno della produzione di canapa a Siracusa, redatto da Enrico Moscuzza (MOSCUZZA E., 1872), allora Presidente del Comizio Agrario, organo locale deputato a studiare le esigenze dell'agricoltura nel territorio di competenza. In contrasto con il divieto promulgato dal Consiglio di Sanità di Siracusa, l'autore sostiene l'utilità economica di tale coltura che era estesa nel circondario di Siracusa su 600 Ha, di cui 300 sul territorio della città, dove impegnava circa 200 contadini; nella fase di raccolta, però, si rendevano necessarie più braccia, per cui si valuta che, con l'apporto di donne e ragazzi, il numero degli addetti saliva a circa 4800 unità. Oltre un migliaio erano poi le donne che attendevano alla filatura ed alla tessitura di queste fibre destinando i loro prodotti alla vendita oltre che all'autoconsumo. La produzione della canapa dava lavoro anche ad un centinaio tra cordai e funaioli, dediti alla creazione di sartie per la marineria. In favore di questa coltivazione l'autore sottolinea, inoltre, che la macerazione della canapa avveniva in acque correnti, alla foce dell'Anapo e dunque a contatto con il mare.

Significativa la tavola che correda il testo illustrando il territorio interessato da questa pratica (Fig. 6). Assai chiara la delineazione del corso dell'Anapo e delle sorgenti Pisma e Pismotta, sue affluenti nell'ultimo tratto del corso. La mancanza di una legenda non consente di cogliere il significato dei numeri apposti nell'asta terminale del fiume ed in prossimità delle due sorgenti; forse stanno ad indicare la localizzazione dei maceratoi. Nel 1871 il Consiglio provinciale di Sanità dichiarava nociva la macerazione di lino e canapa alla foce dell'Anapo, provocando l'abbandono progressivo di queste colture «per conservare la salubrità dell'aria nelle campagne» (A.S.S., 1870).

L'evoluzione dei processi produttivi nel tempo ha portato all'abbandono di attività economiche tradizionali, legate allo sfruttamento delle risorse idriche locali, che in passato hanno sostenuto l'economia connotando, al tempo stesso il territorio con la creazione di manufatti, oggi in gran parte obsoleti e scomparsi del tutto.

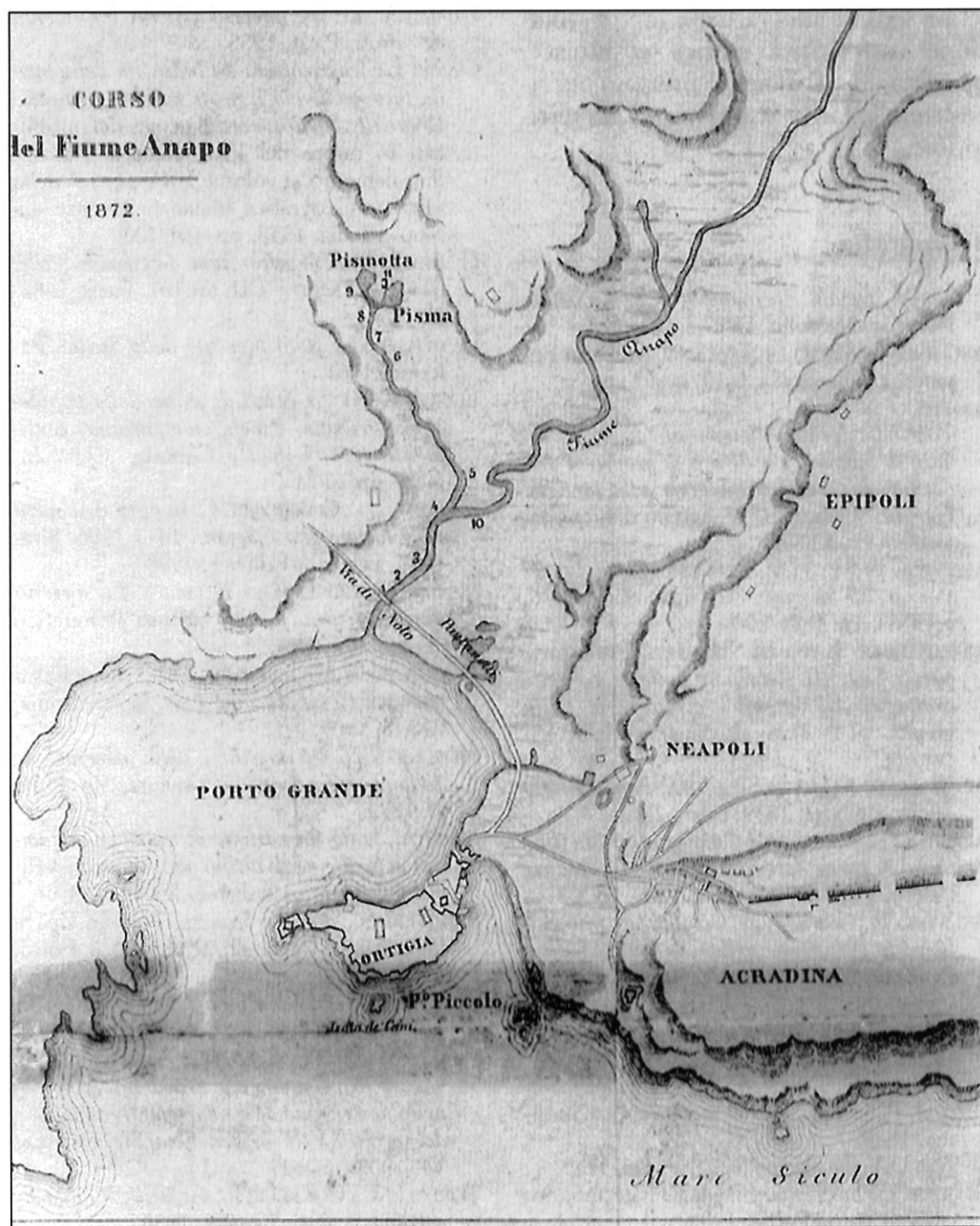



FIGURA 6 - *Moscuzza E., Corso del fiume Anapo. 1872, in Moscuzza E., La questione della macerazione della canape a Siracusa. Siracusa, Tip. Pulejo, 1872.*

La lettura attenta della rappresentazione cartografica storica costituisce, pertanto, uno strumento prezioso per ricostruire la facies economica di un territorio.

Bibliografia

AMICO V., *Dizionario topografico della Sicilia.* Palermo, Morvillo, 1855, I, p.93.

ARCHIVIO DI STATO DI SIRACUSA, Archivio Bonanni-Linguaglossa, b.14, fasc.3 s.n.

ARCHIVIO DI STATO DI SIRACUSA, *Lettera del Tribunale del Real Patrimonio diretta al Senato di Siracusa sul diritto di proprietà dell'acque di Galermo spettante alla famiglia Gaetani. 7 giugno 1751*, Senato di Siracusa. Vol. 89, cc. 520-521.

ARCHIVIO DI STATO DI SIRACUSA. *Consiglio del Senato di Siracusa.* 16 novembre 1576, vol.IV, carte 189v/190v.

ARCHIVIO DI STATO DI SIRACUSA, Prefettura, pacco 582, *III Relazione sullo stato delle campagne dal settembre al dicembre 1870*, inviata dal Prefetto al Ministero dell'Agricoltura.

ARCHIVIO DI STATO DI SIRACUSA, *Fondo Intendenza*, Siracusa, 1834, busta 2762.

BALSAMO P., *Giornale del viaggio fatto in Sicilia ed in particolare nella Contea di Modica.* Palermo, Reale Stamperia, 1809, p. 225.

BALSAMO P., *Giornale del viaggio fatto in Sicilia ed in particolare nella Contea di Modica.* Palermo, Reale Stamperia, 1809.

BENEVENTANO DEL BOSCO P. (a cura di), *Siracusa urbs magnificentissima.* Milano, Electa, 1995

CAVALLARI F.S., *Topografia archeologica di Siracusa.* Palermo, Tip. del giornale «Lo Statuto», 1889.

DENON D.V, *Voyage en Sicile.* Parigi, 1785.

DUFOUR L., *La Sicilia disegnata.* Palermo, Società di Storia Patria, 1995.

DUMAS A., *Le Speronare. La Sicile, Impression de viyage.* Paris, 1988.

GAMBI L., *L'agricoltura e l'industria della Sicilia intorno al 1775, negli scritti del toscano Domenico Sestini.* «Studi geografici pubblicati in onore del Prof. Renato Biasutti. Supplemento al volume LXV (1958) della «Rivista Geografica Italiana». Firenze, La Nuova Italia, 1958, pp. 101-126.

HOUEL J., *Voyage pittoresque de Isles de Sicile, Malthe et Lipari.* T.II, tav.187. Paris, 1782-87.

LEANTI A., *Lo stato presente della Sicilia.* Palermo, 1761.

LONGHITANO G., *Studi di storia della popolazione siciliana. Riveli, numerazioni, censimenti. (1569-1861)*, Catania, CUECM, 1988, pp.70-71.

MESSINA L. - CORRIDORE C. (a cura di), *Sortino e la famiglia Gaetani.* 1477-1796. Siracusa,, Ediprint Editrice, 1988.

MINISTERO DEI LAVORI PUBBLICI, *Le sorgenti italiane.Sicilia.* Roma, Istituto Poligrafico dello Stato. 1934.

MINISTERO DI AGRICOLTURA INDUSTRIA E COMMERCIO, *Corsi d'acqua della Sicilia.* Roma, Civelli, 1909.

MOSCUZZA E., *La questione della macerazione della canapé a Siracusa.* Siracusa, Tip. Pulejo, 1872.

MORI A., *Sulla formazione di nuovi centri abitati in Sicilia negli ultimi quattro secoli.* «Rivista Geografica Italiana»,XXVI (1919).

PRIVITERA S., *Storia di Siracusa.* Napoli, Tip. S. Giov. Magg. Pignatelli, 1878 (rist. A. Forni, 1979), vol. II, p. 164.

RUSSO DRAGO R., *I mulini del teatro greco di Siracusa.* «Archivio Storico Siracusano», s. III, VI (1992), pp. 65-77.

SALVATORE A., *Catania e la Sicilia orientale nella descrizione di un viaggiatore italiano del secolo XVIII.* «Arch. Stor. Sic. Orien.», VI (1909), p.231.

TORELLI M. - COARELLI F., *La Sicilia. Guida archeologica.* Bari, Laterza, 1984.

IL LAGO TRASIMENO: DALLA CARTA STORICA AL DEM

Gregori Lucilia (*)

(*) Dipartimento di Scienze della Terra, Università di Perugia, e-mail: lucilia@unipg.it.

Il lago Trasimeno con una superficie di circa 124 kmq, a quota 258 m s.l.m., è uno dei più estesi laghi dell'Italia centrale ed uno dei più antichi, anzi é il più vecchio (Fig.1); tuttavia in tempi storici ha avuto una «vita» piuttosto tormentata dal momento che è stato oggetto di ripetuti e diversi interventi idraulici fin dal tempo dei Romani. Il suo bacino è collegato artificialmente verso SW, attraverso la valle del T. Tresa, con il territorio dei laghi di Chiusi e di Montepulciano, mentre a SE, con il T. Caina /F. Nestore (attraverso l'emissario di S. Savino) al F.Tevere. A NW il bacino lacustre è aperto verso la Valdichiana.

Il Trasimeno, quindi, per la sua posizione «strategica» fra il bacino dell'Ar-

FIGURA 1 – *Panorama del Lago Trasimeno.*

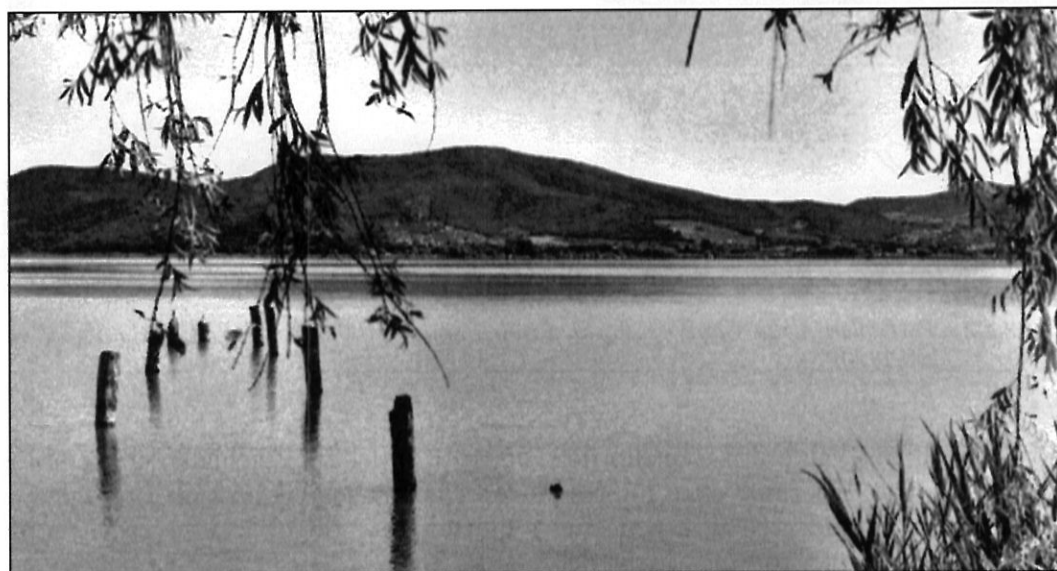



FIGURA 2 – *Particolare della Carta geologica d'Italia, scala 1:100.000 del F. 122 (Jacobacci et alii,1970).*

no (Valdichiana/Valdarno) e quello del Tevere (Bacino Tiberino) offre interessanti motivi di studio circa la genesi e l'evoluzione plio-pleistocenica anche del territorio della Valdichiana, cui sembra legato nella sua evoluzione idrologica e morfologica (Jacobacci *et alii*, 1969) (Fig. 2).

È stato tentato, pertanto, un «percorso cartografico» attraverso le più diverse rappresentazioni del lago, acquisendo così elementi utili ad una migliore comprensione della sua «storia» *s.l.*

Studi precedenti

Il Verri (1879, 1880, 1892) formula delle ipotesi circa la genesi della Valdichiana e del Trasimeno a seguito del sollevamento tettonico verificatosi nell'area più occidentale e inoltre, riporta notizie storiche molto interessanti: Plinio parlerebbe di un *Clanis Aretinum* che drenava verso il Tevere, passando per Arezzo e Tacito riferisce di una controversia tra Fiorentini e Romani che volevano immettere la Chiana nell'Arno per smaltire le piene del Tevere. Strabone afferma che l'Arno in parte defluisse verso Pisa e in parte nella Chiana e definisce il Trasimeno «*jam Aretio propinquor*» ipotizzando, in quel tempo, un lago molto più esteso verso N.

Il Lotti (1926) afferma che «*le colline di Strada e Vaiano fra il Lago di Chiusi e il Trasimeno sono costituite da Pliocene lacustre... che sovrapponesi nettamente al marino*». Egli rileva sabbie con fossili marini nello «*sperone compreso fra il canale della Tresa ed il lago di Chiusi*» e che il limite fra le sabbie marine e quelle lacustri è segnato da «*uno strato di ciottoli forati da litofagi*». I terreni lacustri, secondo il Lotti, costituiscono le colline della Valdichiana verso Arezzo fino a congiungersi con gli attuali depositi lacustri del Valdarno «*dimostrando così che sul finire del periodo pliocenico un grande lago stendevasi dal Trasimeno verso NO fino ad Arezzo e forse comunicava con il Valdarno o ne raccoglieva le acque superflue*». L'Autore inoltre, rileva depositi fluvio-lacustri (sabbie argillose alternate a ciottoli minuti) che si insinuano nelle valli di Tuoro, S. Martino e Tresa fino fra i 300/360 m s.l.m., e presenti a quote sempre minori verso E, fino a scomparire fra Passignano e S. Savino. Depositi quaternari sarebbero anche quelli ubicati nella depressione fra le colline della Valdichiana ed i monti di Cortona fino ad Arezzo. Esisteva quindi un lago pliocenico che comprendeva il Valdarno, la Valdichiana ed il Trasimeno che nel Quaternario si era ridotto di «*larghezza ma non in lunghezza*». Questo unico lago avrebbe avuto un emissario «*fra i monti di Panicale e le colline di Strada*»; i depositi lacustri si trovano a quota 356 m a Paciano e 366 m a Gioiella; in località Petraia, poggiano sui depositi marini in una zona che, probabilmente, fungeva da «trabocco» del lago controllandone così l'estensione. Successivamente per un»*movimento ascensionale ... dell' area occidentale della valdichiana*» il Trasimeno si addossava ai rilievi di Magione, perdeva il suo emissario naturale, mentre i depositi quaternari si innalzavano ad W di circa 100 m. L'Autore attribuisce l'andamento dei torrenti Paganico e Pescia allo «*spostamento dello specchio d' acqua verso Oriente*».

Anche il Merla (1938) parla del sollevamento dell'area tosco-maremmana «*nell'orogenesi post - pliocenica*» con l'impostazione di una prima rete idrografica (affluenti di destra del Tevere) costituita dal sistema fluvio-lacustre com-

prendendente i laghi del Valdarno Superiore (con gli immissari Sieve ed Arno casentinese) e la Valdichiana, con un emissario localizzato forse lungo gli attuali fiumi Astrone, Chiani e Tevere. Quindi, in questo periodo, la regione della Valdichiana/Trasimeno è «*tributaria del bacino Tiberino*». L'Autore identifica, a N del Trasimeno, due «*solchi*»: uno tra Terontola e Cortona che proseguirebbe nel solco del T. Tresa ed uno, più ad W, comprendente i laghi di Chiusi e Montepulciano; tuttavia lungo questi solchi non vi sarebbe un «*deflusso armonico*» forse a causa dell'incerta posizione dello spartiacque Arno/Tevere. Ciò é imputabile alla dinamica del substrato che avrebbero impedito il funzionamento del paleo-collettore tiberino, il ristagno delle acque della Valdichiana e la scomparsa dell' emissario naturale del Trasimeno verso SW.

Losacco (1944), studiando i depositi lacustri della Valdichiana, afferma che i bacini lacustri formatisi nell'area Tosco-Umbra durante le ultime fasi del «*corrugamento terziario*» erano «*più giovani procedendo dalle regioni assiali verso l'esterno*» perciò reputa la Valdichiana, per la sua posizione esterna, molto recente. I sedimenti lacustri poggiano in discordanza angolare, sui sedimenti marini pliocenici, successivamente interessati da un sollevamento proseguito anche in epoca «*post-lacustre*» (i depositi villafranchiani sono debolmente inclinati verso la conca del Trasimeno). La «*compressione post-pliocenica*» provocò un ulteriore sollevamento e la trasformazione dell' area della Valdichiana in un lago, di forma ellittica, orientato in direzione NW-SE, lungo circa 50 km, largo 15 e profondo circa 100 m. I depositi lacustri sono ubicati a quote decrescenti da W verso E: scendono dai 372 m a Vaiano fino a 300 m a M. S. Savino fino a scomparire sotto le alluvioni recenti a N ed E. Questo lago (in cui aveva la sua foce il Valdarno) si sarebbe formato dopo quello del Valdarno poiché alla serie lignitifera di quest'ultimo, corrispondono ancora sedimenti marini pliocenici. Losacco ed altri Autori (Verri, Ristori e Lotti) considerano questo bacino come una sorta di estuario per l'Arno, comunicante con il mare attraverso una laguna (si rinvengono faune lacustri a Bythinia, Vivipara, Nematurella, accanto a faune salmastre come Neritina, Melanopsis e Dreissensia). L'Arno quindi, dopo la confluenza con i torrenti Esse, Foella ed altri immissari e dopo aver attraversato la piana di Arezzo, sfociava nel lago presso Cortona, tra i monti del Chianti e Castiglion Fiorentino. Il Trasimeno rappresenterebbe, perciò, la «migrazione» delle acque del bacino della Valdichiana, gradualmente inciso durante il vuotamento. I movimenti verificatisi nell'area provocarono «*l'inversione del corso della Chiana e la conseguente cattura da parte dell'Arno dopo un lungo periodo di incertezza idrografica*» (Losacco, 1944) e l'impaludamento della valle, cui contribuirono gli interventi idraulici diretti dal Fossombroni (1789) in epoca storica.

Il Principi, occupandosi della conca di Magione (1922), rileva che a seguito del sollevamento dei sedimenti pliocenici, lungo la linea Vaiano/Gioiella/Pozzuolo, le acque della Valdichiana andarono verso E «*raccogliendosi nella de-*

pressione formatasi contemporaneamente a ridosso dei monti di Magione e di Tuoro dando perciò origine al lago Trasimeno» mentre ad W di M. Malbe si creò una depressione separata dal lago attraverso «*la soglia rocciosa di S. Savino*» che divenne, a sua volta, uno specchio lacustre successivamente vuotato dal T. Caina. Il Principi sosteneva inoltre la non contemporaneità della Valdichiana e del Trasimeno poiché quest'ultimo si sarebbe colmato come quasi tutti i laghi dell'Italia centrale durante il Villafranchiano.

Lippi Boncampi (1960) considera il Trasimeno come il residuo della Valdichiana, di cui faceva parte, e come «*il risultato di uno scodellamento delle ultime acque residuate dal colmataggio del più grande ex-lago della Chiana*» per cui, procedendo da W verso E, i sedimenti pliocenici sono ubicati a quote via via decrescenti. Il lago, alimentato da un ipotetico corso d' acqua che defluiva tra Terontola e Cortona, aveva il suo emissario a SW verso la «*piana della Tresa*». In questo periodo la Valdichiana drenava verso il Tevere fino a «*l'impaludamento che caratterizza il fenomeno di transizione dal bacino del Tevere a quello dell'Arno*». Nel Quaternario superiore si verificava «*un'accentuazione del sollevamento dei margini occidentali del Trasimeno*» durante il quale la «*isola di Castiglione del lago*» divenne un promontorio ed il Poggetto e la Petraia «*rimasero isolati dal lago*». Inoltre, mentre la Valdichiana si sollevava ad W, rimanevano le zone depresse che avrebbero ospitato i laghi di Chiusi e Montepulciano. Ancora secondo il Lippi Boncampi, il Trasimeno sarebbe destinano ad interrirsi per quel «*processo naturale cui ogni bacino è destinato.... estinguendosi attraverso le tre fasi: stagno - palude - acquitrino*».

Carollo (1969) si occupa della geologia, batimetria e morfologia del Lago Trasimeno; a questo proposito, esaminando la «cuvetta lacustre», ritiene che la forma del lago sia «a catino» con un fondo piatto raccordato abbastanza bruscamente con la riva. Egli inoltre, circa la genesi del lago, afferma che a seguito di un «*parossismo orogenetico*» durante il Miocene superiore si formarono le strutture attuali e le depressioni lacustri Villafranchiane dell'Appennino Centrale e fra queste l'area del Trasimento e della Valdichiana. Quest'ultima si sarebbe colmata piuttosto velocemente mentre, nel Quaternario medio, ulteriori movimenti avrebbero sollevato i depositi villafranchiani ad W dando luogo, fra Tuoro e Magione, al Lago Trasimeno.

Studi più recenti, condotti da Jacobacci *et alii* (1970), attribuiscono al Villafranchiano (fl^1**C**) i depositi del complesso fluvio-lacustre ubicati ad W del Lago Trasimeno che «*costituiscono la continuazione del bacino pleistocenico della Valdichiana*». I depositi, in questi rilievi, sono inclinati verso E e scompaiono sotto quelli lacustri più recenti (fl**C**). Nell'area di Chiusi/Montepulciano il contatto fra il Pliocene e l'unità fl^1**C**, rilevato attorno ai 300 m di quota, si abbassa verso S, finché a Vaiano il Pliocene non affiora per cui, considerando che la quota media nella Valdichiana si abbassa da Cortona verso N, viene ipotizzato un sollevamento con un massimo a SE. Gli stessi Autori infatti

ammettono una «*prima fase tettonica post-Tortoniana*» ed una successiva di «*abbassamento*» che avrebbe provocato, a SW un'ingressione marina pliocenica ed un ulteriore abbassamento dopo la deposizione dei «*sedimenti fluvio-lacustri della valle Tiberina*». Le «*coperture quaternarie*» evidenziano dislocazioni come quella che «*separa le colline di Cortona e Terontola dalla fossa su cui si è impostata, ad occidente, la Valdichiana*». Jacobacci *et alii* inoltre, a proposito della morfologia della zona, rilevano come la piccola dorsale Pozzuolo-Goiella-Vaiano costituita da «*depositi lacustri del Pleistocene antico separi la Valdichiana dalla depressione morfologica oggi occupata dal lago Trasimeno*» e considerano questo lago come «*il più vistoso rappresentante di ciò che rimane del vecchio lago della Val di Chiana*».

In Deffenu & Dragoni (1978) viene fornito un profilo geografico/storico ed idrogeologico del lago. In Dragoni (1982) e Dragoni *et alii* (1985), a proposito della descrizione idrologica del Lago di Chiusi, viene attribuito alla realizzazione del Canale Maestro della Chiana l'arretramento verso S dello spartiacque Arno/Tevere, attualmente localizzato presso Chiusi Scalo «*materializzato negli argini dei torrenti Montelungo e Tresa*»; nel 1482 lo stesso era molto più a N e il Tresa poteva defluire (artificialmente) sia nella Valdichiana che verso S, nel Tevere.

Bartolini & Pranzini (1980) forniscono nuovi dati sulla neotettonica della zona, particolarmente utili alla ricostruzione paleogeografica dell'area della Valdichiana e successivamente (Bartolini *et alii*, 1982; Bartolini & Pranzini, 1987), descrivendo l'evoluzione paleogeografica nella Toscana centro-settentrionale, chiariscono i rapporti fra i vari bacini lacustri toscani dal Pliocene al Pleistocene medio-superiore. In tempi storici, l'inversione di drenaggio della Valdichiana, a causa del sollevamento relativo dell' area Città della Pieve/Ficulle e della mancanza degli apporti dell' Arno Casentinese, non più in grado di drenare le acque verso S darà luogo a quella palude cui solo il Canale Maestro della Chiana, con scorrimento verso N, pose rimedio.

Dal rilevamento podologico della zona occidentale del Lago Trasimeno,effettuato da Calandra (1990), è possibile evidenziare i rapporti tra i diversi tipi di suolo (Inceptisuoli, Alfisuoli ed Entisuoli) riconosciuti sulle superfici terrazzate e l'evoluzione morfotettonica ipotizzata del Trasimeno.

Il lago Trasimeno

Il Trasimeno, come già accennato, è uno dei più grandi ed anche il più vecchio lago d'Italia; è sicuramente molto più antico dei laghi glaciali del Nord-Italia, legati geneticamente alle oscillazioni climatiche e alle locali espansioni glaciali Pleistoceniche e dei più recenti i laghi vulcanici, numerosi nel territorio italiano e cronologicamente successivi al parossismo vulcanico che ha interessato prevalentemente il centro-sud della penisola, iniziato all'incirca 800.000 anni fa nel Distretto Vulsino (Scandone & Giacomelli, 2002).

Il Trasimeno, infatti, deve la sua origine all'attività tettonica che ha interes-

sato il centro-Italia ed in particolare l'area nord-occidentale dell' Umbria (Cattuto *et alii*, 1979; 1992), a partire dal Mio-Pliocene e, per le sue caratteristiche genetiche ed evolutive, può essere definito «lago tettonico».

– Dal punto di vista topografico/geografico, il lago presenta una forma pseudocircolare con un bacino di alimentazione grossomodo della stessa forma ma arealmente piuttosto ridotto e decisamente asimmetrico rispetto alla sua posizione. Lo spartiacque orientale, infatti, corre lungo i rilievi prossimi specchio d'acqua (1 km circa), mentre ad W si trova più lontano; la larghezza di questo versante si aggira attorno ai 9 km a partire dall'abitato di Gioiella (linea Vaiano/Gioiella), e si estende per circa 6 km nell'area di Tuoro, a N. L'esiguità della superficie drenante nel lago ha inciso, particolarmente in questi ultimi anni, insieme a conseguenze indotte da interventi antropici, sui modesti afflussi e quindi sul negativo livello del lago. I dislivelli dei rilievi, inoltre, sono maggiori ad E (800 m) mentre ad W lungo la linea Vaiano/Gioiella le quote si aggirano attorno ai 370 m.

– A causa della diversa struttura geologica i versanti dei rilievi che circondano ad E il Lago sono più acclivi mentre, ad W, i rilievi dalla dorsale pliocenica di Vaiano-Gioiella degradano dolcemente verso il Lago. Questa diversa acclività è probabilmente legata sia alla più alta resistenza all'erosione opposta dalle rocce del substrato litoide (flysch miocenico) affiorante ad E (ad W affiorano depositi marini e/o continentali plio-pleistocenici) che alle vicende tettoniche che hanno interessato e condizionato la sua evoluzione (Fig. 2).

– Dal punto di vista geologico-strutturale, la depressione lacustre è inserita fra anticlinaliche strette ed allungate in direzione NW-SE, litologicamente costituite dalla Formazione del Macigno *s.l* e/o Scisti Varicolori (Jacobacci *et alii*, 1969; 1970) e/o Arenarie del M. Cervarola (Dragoni,1982) specialmente nella parte nord-orientale; in quella occidentale, sono presenti depositi villafranchiani costituiti da sedimenti fluvio-lacustri (ciottolame, sabbie, ghiaie e/o argille con resti di molluschi e sabbie, puddighe, argille con faune salmastro/litorali; Jacobacci *et alii*, 1969; 1970).

– Il *pattern* idrografico è dendritico/sub-dendritico, con una densità di drenaggio media fortemente influenzata nello sviluppo e nell' evoluzione da fattori strutturali e dalle vicende tettoniche che ne hanno condizionato la genesi e la geometria.

– I collettori, all'interno del bacino imbrifero, sono di modesta lunghezza ed i maggiori tributari del Trasimeno sono i torrenti Tresa e Rio Maggiore (corsi d'acqua che hanno subito molte trasformazioni naturali ed antropiche). Il T. Tresa scorre nell'area meridionale del L. Trasimeno (Cattuto, Gregori & Parisi, 1983) ed in epoca medioevale (ai tempi di Papa Sisto IV) è stato deviato insieme al T. Riomaggiore nel lago di Chiusi. Tale accorgimento mirava a far defluire le acque del Trasimeno in quello di Chiusi soggetto, a quei tempi, a cicliche crisi idriche (Dragoni,1982) e allo stesso tempo, aveva la funzione di mitigare «le piene del lago». Tali torrenti defluiscono lungo

l'area sud-occidentale del lago Trasimeno, al quale sono collegati attraverso il canale artificiale dell'Anguillara.

– Il Rio Pescia ed il F.so Paganico solcano invece il versante occidentale del lago, sono piuttosto lunghi e presentano un tracciato particolare: da una iniziale direzione di scorrimento orientata in direzione NW-SE, il medio-basso corso piega bruscamente verso ENE prima della influenza nel lago e la deviazione è segnata da vistosi «gomiti» del tracciato; il bacino di entrambi i corsi d'acqua, inoltre, presenta una destra idrografica più estesa della sinistra.

Il Principi (1944) attribuisce la deviazione allo *«spostamento della massa d'acqua del Trasimeno verso E e dall'abbassamento del livello verificatosi lungo i margini occidentali»*. Probabilmente il tratto percorso in direzione NW-SE è impostato in corrispondenza di vecchie linee di costa, via via abbandonate durante il basculamento dell'area verso E.

– I corsi d'acqua a N dell'area lacustre hanno un percorso piuttosto rettilineo a causa della maggiore acclività dell' area di alimentazione che insiste sul versante meridionale dei rilievi dell'allineamento P.gio Capanne/M.Castiglione. I torrenti, caratterizzati da una certa energia, rilasciano il loro carico solido a valle, lungo la sponda settentrionale del lago, edificando apparati deltizi talora coalescenti (area a SW ed a SE di Tuoro) a bassissima pendenza e progradanti verso il lago (es.: il Macerone). La sponda settentrionale del Trasimeno infatti è limitata da un allineamento di rilievi il cui versante meridionale è abbastanza acclive ed il suo profilo si interrrompe, abbastanza bruscamente, al passaggio con i sedimenti fluvio/lacustri/palustri. Tali depositi sfumano nell'acqua e la loro deposizione ha consentito una lenta ma costante progradazione della sponda settentrionale.

Tali apparati, infatti, si accrescono verso il lago ed il corso d'acqua che li alimenta, specialmente in corrispondenza, delle piene ha cambiato, più volte, la sua posizione sulla superficie del delta: infatti il F.so Macerone si trova ad E del suo delta di circa 600 m (1969) mentre, nelle carte di altri Autori (Ristori, 1905) la foce si trova nella porzione più occidentale del delta stesso (Carollo, 1969).

Corpi deltizi piuttosto importanti sono anche quelli edificati dal T. Rio e dal F. so le Treve.

– Al contrario di questi torrenti, il fosso Paganico ed il Pescia non provocano importanti modificazioni nell'andamento della linea di riva, anche se la morfologia della fascia costiera occidentale è stata condizionata dall'accumulo del carico solido in conoidi alluvionali a bassissima pendenza : la conoide di Rio Vestella, a NW e quelle di Rio Pescia e Paganico ad W.

– Come accennato, il versante orientale invece è piuttosto stretto ed acclive, solcato da un reticolo idrografico poco evoluto.

– Lo spartiacque meridionale segue l'allineamento dei rilievi di Panicale, orientati in direzione EW, e mantiene un dislivello di circa 300 m sul livello del lago.

– La sezione bagnata del lago è a «catino», una «cuvetta piatta» con un indice di sinuosità pari a 1.34 per le ampie insenature presenti lungo il suo perime-

tro con acclività abbastanza pronunciata presso le sponde, infatti le isobate si addensano verso la riva e quella dei «-5» m limita quasi il 50% della superficie del lago (Carollo, 1969).

Origine ed evoluzione del Lago Trasimeno

– Durante il Miocene superiore-Pliocene (Centamore *et alii*, 1980; Cattuto *et alii*, 1980; 1992) l'attività tettonica compressiva genera rilievi anticlinalici e valli sinformi allungate secondo le direttrici appenniniche (NW-SE). Nell'area in esame, fin dal Miocene, si sviluppa una estesa area depressa orientata in direzione NW/SE (la Val di Chiana); i rapporti fra la depressione toscana e quella lacustre non sono molto chiari, tuttavia nel Pliocene superiore sembra probabile un deflusso proveniente da N e diretto verso il paleo-Nestore, a S di Panicale.

A tale deflusso fa seguito una deposizione riconducibile a deposito da *braided stream* (Cattuto *et alii*, 1992) (Fig. 3).

– Nell'Italia centrale, e quindi anche nell'area in esame, alla fase tettonica compressiva, segue quella distensiva responsabile della disarticolazione del modellato superficiale che a grande scala, viene complessivamente ribassato verso W (Mazzanti & Trevisan, 1978).

– Durante questo periodo l'attività di faglie dirette appenniniche ed antiappenniniche realizzano un modellato ad *horst* e *graben*, permettendo la genesi dei bacini intermontani (Bartolini & Peccerillo, 2003). Il deflusso quindi, proveniente dalla Valdichiana e diretto verso S, viene «sbarrato» da rilievi di neoformazione che ostacolano lo scorrimento e provocano il ristagno delle acque con conseguente impaludamento delle zone depresse (Cattuto *et alii*, 1992).

– Nel Pleistocene inferiore-medio, infatti, si attiva la faglia più meridionale dell'area del Trasimeno che solleva la struttura di Panicale, identificabile in un allineamento orientato in direzione EW; tale struttura sbarra il deflusso proveniente da N, formando uno specchio d'acqua che aumenta gradualmente dal «muro di Panicale» verso N e dando origine così ad un primitivo L. Trasimeno. Da questo momento in poi il lago assume un perimetro grossomodo ellittico allungato e condizionato dalla forma iniziale della depressione in cui è ospitato (Cattuto *et alii*, 1992).

– A partire dalla fine del Pliocene e fino al Pleistocene medio, si realizza un sollevamento dell'area più occidentale che, lungo la linea Vaiano/Gioiella/Petrignano origina una dorsale, costituita da depositi marino/salmastri pliocenici, che separa l'ambiente marino, ad W, da quello continentale ad E.

– A seguito di questo sollevamento, sempre nel Pleistocene medio, tutta la zona viene basculata verso E e questo evento sarà responsabile di importanti modificazioni topografiche; i nuovi dislivelli pilotano vistosamente il deflusso superficiale fino ad allora diretto verso W (verso la linea di costa del mare plio-pleistocenico) dirottandolo verso E. Una delle ripercussioni più importanti si realizza sul delta di Città della Pieve che, a seguito del basculamento, invertirà il senso di scorrimento del F. Nestore che

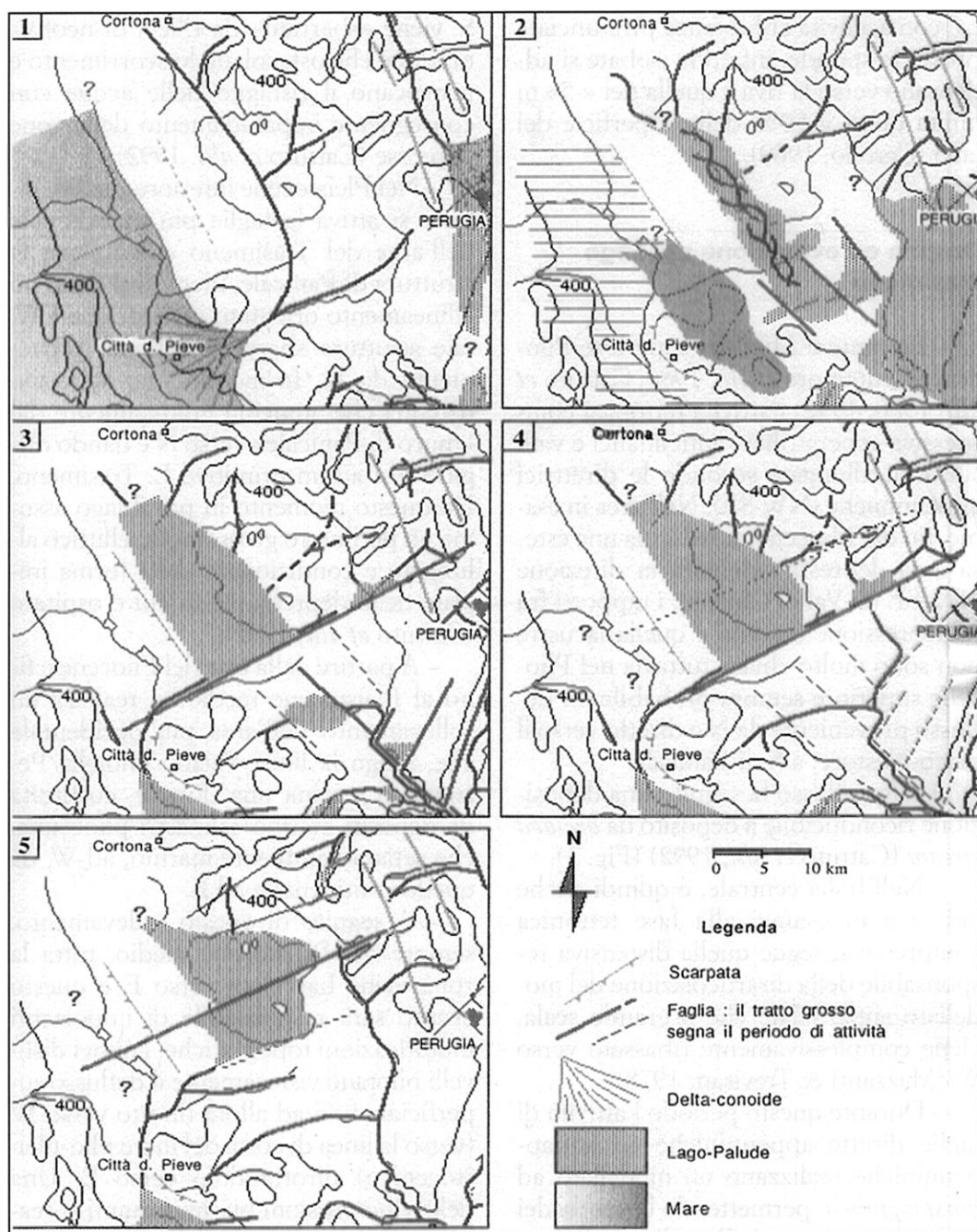



FIGURA 3 – *Ricostruzione dell'evoluzione paleogeografica del Trasimeno (in Cattuto & Gregori, 1993).*

lo alimentava, inattivandosi ed originando il bacino/palude di Pietrafitta/Tavernelle (Ambrosetti *et alii*,1977; 1989). Anche il paleo-Trasimeno comincia a migrare verso E, lasciandosi «alle spalle», ad W, una sponda a bassa acclività e addossandosi ai rilievi di Torricella/Monte del Lago, verso E.

– Nel Pleistocene superiore, più a N, si attivano altre due faglie che attraversano il lago e, quella che lo attraversa nella sua porzione mediana ne condizionerà, con il suo movimento, l'evoluzione morfologica.

Questa faglia, infatti, determina rigetti e basculamenti differenziati lungo le parti opposte al piano di faglia, secondo un movimento «a forbice» (Cattuto & Gregori, 1988); per cui ad E, nell'area a N della frattura si ha abbassamento (area depressa di Torricella) ed innalzamento a S della stessa (rilievo di Monte del Lago) mentre, nella sponda opposta si realizza a N della faglia un innalzamento (area di Castiglione del Lago) ed un abbassamento a S. Questa nuova situazione topografica «sposta» quindi lo specchio d'acqua, a N della faglia, verso E ed a S della faglia, verso W; e di conseguenza il Trasimeno assume la «articolata» configurazione morfologica e perimetrica attuale ad «8 dissassato» (Cattuto & Gregori, 1993) (Fig. 4).

FIGURA 4 – *Block-diagramma dell'evoluzione paleogeografica del Trasimeno (in Cattuto & Gregori, 1993); a) Paleodeflusso proveniente da N; b) attivazione di una faglia antiappenninica che sbarra il deflusso; c) genesi del primitivo bacino lacustre del Trasimeno; d) attivazione della faglia mediana il cui movimento «a forbice» condiziona l'evoluzione e la morfologia del Lago Trasimeno.*

Le cartografie

Le vicende geologico-geomorfologiche ed idrografico-idrologiche del Trasimeno dal Mio-Pliocene all'Olocene sono ricostruibili attraverso l'analisi e la sintesi degli elementi geologici, sedimentologici, paleontologici e morfologici che consentono di ipotizzare e riconoscere l'evoluzione del modellato superficiale.

Le caratteristiche morfologiche e storiche dei siti dell'area del L. Trasimeno sono trasmesse o deducibili dalle rap-

presentazioni cartografiche, da immagini *s.l.* e da altre espressioni rappresentative non sempre squisitamente geografiche; le diverse tecniche di restituzione cartografica, infatti, dalle più scarne e/o approssimate e poco attinenti alla realtà, alle più sofisticate e georeferenziate permettono di documentare, rappresentare e trasmettere la «storia» del Lago dall'Olocene ai giorni nostri (Gregori & Rapicetta, 2001; Gregori & Melelli, 2002).

Verranno, quindi, di seguito analizzate alcune delle numerose cartografie e immagini elaborate del Lago, a partire dal Cinquecento fino a quelle più o meno recenti, per arrivare alla moderna cartografia digitale costituita dal DEM.

Le immagini

Affreschi, quadri, stampe ecc. costituiscono una tipologia di «elaborazione pseudo-cartografica», facente parte del repertorio artistico e/o pittorico *s.l.* che, apparentemente sembra molto distante dalle discipline geografico-fisiche ma che invece, oltre a costituire un valore aggiunto al patrimonio conoscitivo nella rappresentazione del paesaggio ne avvalora la valenza scientifica ed interpretativa. Molti dipinti, quadri, cartoline ecc. possono perciò fornire interessanti elementi per la conoscenza delle caratteristiche morfologiche e paleogeografiche di un determinato territorio.

Tutte le espressioni figurative infatti, dalla più artistica alla più tecnica in quanto utile e talora unica testimonianza di alcuni processi morfogenetici, assumono pari dignità nella conoscenza del paesaggio, specialmente quando si riferisca ad un passato non troppo lontano.

In particolare, il pittore umbro Pietro Vannucci (1450-1523) detto il Perugino (il «Divin Pittore») in molte sue opere (AA.VV., 2004), ha rappresentato il paesaggio dell'Umbria, fornendo una testimonianza relativa ad un passato abbastanza recente del territorio Trasimeno/Valdichiana. Gli elementi geologico-geomorfologico ed ambientali *s.l.* che si evincono dai suoi quadri, in cui spesso fa da sfondo un paesaggio lacustre, forniscono un interessante ed insospettato contributo alla conoscenza delle caratteristiche paleo-ambientali dei siti «vissuti» dall'artista. Il Perugino nasce a Città della Pieve e vive ed opera a Perugia, Corciano, Panicale, Spello, Montefalco ecc. e di tutti questi luoghi lascia «tracce» nei suoi quadri. Questi scenari, infatti, proposti in molte opere, consentono di ricostruire l'ambiente e le variazioni morfologico-idrologiche di un ambiente naturale, riconoscibile ed abbastanza prossimo all'attuale.

Il Lago Trasimeno, infatti, e la Valdichiana appaiono in situazioni idrologiche non sempre confrontabili con quelle recenti e queste «testimonianze», in qualche modo, indiziano condizioni climatiche locali che consentivano, ad esempio, lo sviluppo di una più ampia superficie occupata dalle acque sia all'interno della depressione del Trasimeno che in quella della Valdichiana. Dall'esame dei dipinti emerge infatti, una immagine della Chiana, talora, vistosamente occupata dalle acque ed un Lago Trasimeno in cui, in alcuni casi è riconoscibile una notevole altezza del livello delle acque (*Adorazione*

FIGURA 5 – *Adorazione dei Magi (P.Vannucci «il Perugino», (1450-1523); affresco dell' Oratorio S.Maria dei Bianchi - Città della Pieve. Sullo sfondo è riconoscibile una depressione parzialmente occupata dalle acque ed assimilabile ad un paleo-Trasimeno (AA.VV., 2004).*

dei Pastori:Galleria Nazionale dell'Umbria, Perugia) (Fig. 5) mentre, in altri (*Adorazione dei Magi*: Oratorio di S. Maria dei Bianchi, Città della Pieve), esso appare simile ad una palude (Fig.6); queste immagini costituiscono un documento fornito da un artista del Cinquecento che sono comunque in accordo con quanto emerge storicamente. È riferibile allo stesso periodo del Perugino l'intervento di bonifica idraulica effettuato, nel 1420, da Braccio Fortebraccio di Montone signore di Perugia, per regolare l'altezza del lago e, successivamente nel 1482 da quello di Papa Sisto IV, mirato alla riduzione del bacino del Trasimeno (deviazione dei torrenti Tresa e Riomaggiore) al fine di contrastarne le esondazioni e mitigare le cicliche crisi idriche che hanno, nel tempo, interessato il Trasimeno (Dragoni, 1982).

Le carte storiche

Alle «immagini» seguono cronologicamente le cartografie storiche (Cassano, 1990) a documentare abbastanza fedel-

FIGURA 6 – *Adorazione dei pastori (P.Vannucci «il Perugino», (1450-1523); Galleria Nazionale dell'Umbria - Perugia ; sullo sfondo è visibile una ampia depressione lacustre riferibile alla Valdichiana e/o Trasimeno (AA.VV., 2004).*

FIGURA 7 – *Particolare della carta storica del cartografo Gastaldi G., 1561 (in Cassano F.R., 1990). È riconoscibile una morfologia approssimata del Lago e la Valdichiana orientata in direzione NW-SE.*

mente la «storia dei luoghi». I particolari, le coordinate e riferimenti geografici non sono sempre chiari o affidabili in questo tipo di cartografia ma sono comunque un importante patrimonio «bibliografico» ed un insospettato e talora insostituibile strumento nella ricerca geomorfologica.

– L'incisione del 1561 di Gastaldi G. (Fig. 7) rappresenta un lago con un perimetro piuttosto approssimato, molto diverso da quello usualmente rappresentato; è possibile che le variazioni climatiche locali imponessero un diverso e/o minore trasporto solido da parte dei corsi d'acqua, condizionando quindi una diversa forma del bacino; la rappresentazione planimetrica della Valdichiana mostra un'ampia superficie occupata dalle acque, estesa fin quasi sotto l'abitato di Città della Pieve.

– Nella carta elaborata dal cartografo perugino Ignazio Danti, (1580) il perimetro del lago ha una forma grossomodo circolare ed è inserito abbastanza bene fra il versante acclive e montuoso orientale e la superficie pianeggiante occidentale abbandonata dalle acque («scodellate» verso E dal basculamento pleistocenico) e la tecnica utilizzata nella rappresentazione del rilievo a «muc-

FIGURA 8 – *Particolare della cartografia di Danti I., 1580 (Descrizione del territorio di Perugia Augusta); lungo la sponda settentrionale è visibile un tracciato a meandri riferibile al paleo - Macerone. A NW si nota l'espansione della Valdichiana nel «piano di Cortona» (in Cassano F.R., 1990).*

chi di talpa» evidenzia la maggiore acclività del versante orientale rispetto a quello occidentale (Fig. 8). La costa appare poco frastagliata e questo può dipendere da una scarso dettaglio nell'esecuzione o in una effettiva minore articolazione del perimetro lacustre ancora non sufficientemente interessato dagli apporti dei fiumi. In questo periodo, probabilmente, si realizzavano nell'area

FIGURA 9 – *Veduta aerea della costa nord-occidentale del L. Trasimeno; sulla destra è visibile la «frusta» /area deltizia del F.so Macerone (Regione Umbria - scala: 1:33.000; Ripresa del Maggio - Agosto 1977. Concessione SMA n. 38 del 01/02/1978. Foto della Compagnia Generale Ripreseaeree - Parma).*

condizioni di resistasia, indotte da un deterioramento climatico (Panizza & Piacente, 2003), che non permettevano un regolare deflusso, trasporto e sedimentazione da parte dei corsi d'acqua.

Non sono rappresentate nella carta le aree conoidali alimentate dagli apporti detritici dei torrenti lungo la sponda settentrionale (Fig. 9). Anche in questa carta le paludi toscane sono abbastanza estese e si parla di «*Le Chiane paludi olim Glanius flumen*» e non di Valdichiana. Questa osservazione topografica e toponomastica consente di ricostruire una situazione paleogeografica e paleoclimatico-ambientale relativa a quel momento storico: le acque dapprima transitavano in questa area abbastanza velocemente tanto da identificare un fiume Glanio poi divenuto una palude. Simile è la cartografia sempre del Danti (1584) a colori, graficamente migliore ma non diversa nella caratterizzazione morfologica.

– Apparentemente approssimata ma ricca di indizi geomorfologici e paleo-

FIGURA 10 – *Particolare della carta di Mercatore G., 1589 (Marchia Anconitana cum Spoletano Ducatu; in Cassano F.R., 1990) nella quale sono rappresentate solo due delle tre isole del Trasimeno.*

geografici è l'incisione su rame di G. Mercatore del 1589; manca un'isola nel Trasimeno e la Valdichiana appare meno estesa, mentre lungo l'allineamento delle paludi emerge un isolotto grossomodo all'altezza dell'abitato di Cantagallina (Fig. 10).

– Non molto dissimile la cartografia del Magini (1597-1600) che tuttavia rappresenta le tre isole (Fig. 11), mentre le incisioni su rame del cartografo Ortel A., del 1601, disegnano un Lago poco dettagliato; anche in questo caso, non sono presenti le tre isole e l'Isola Maggiore viene chiamata S. Francisco in relazione al periodo trascorso dal Santo nell' isola (Fig. 12). Nell'area a S del lago i toponimi Torre del Pantano e Porto Philippo (nei pressi della Chiana) fanno immaginare un lago decisamente più esteso verso S ed una Valdichiana navigabile.

– L'incisione su rame del 1602 di Bert P. fornisce una cartografia con una morfologia del perimetro più vicina a quella nota; si riconosce il promontorio di Castiglione del Lago, ma manca ancora un'

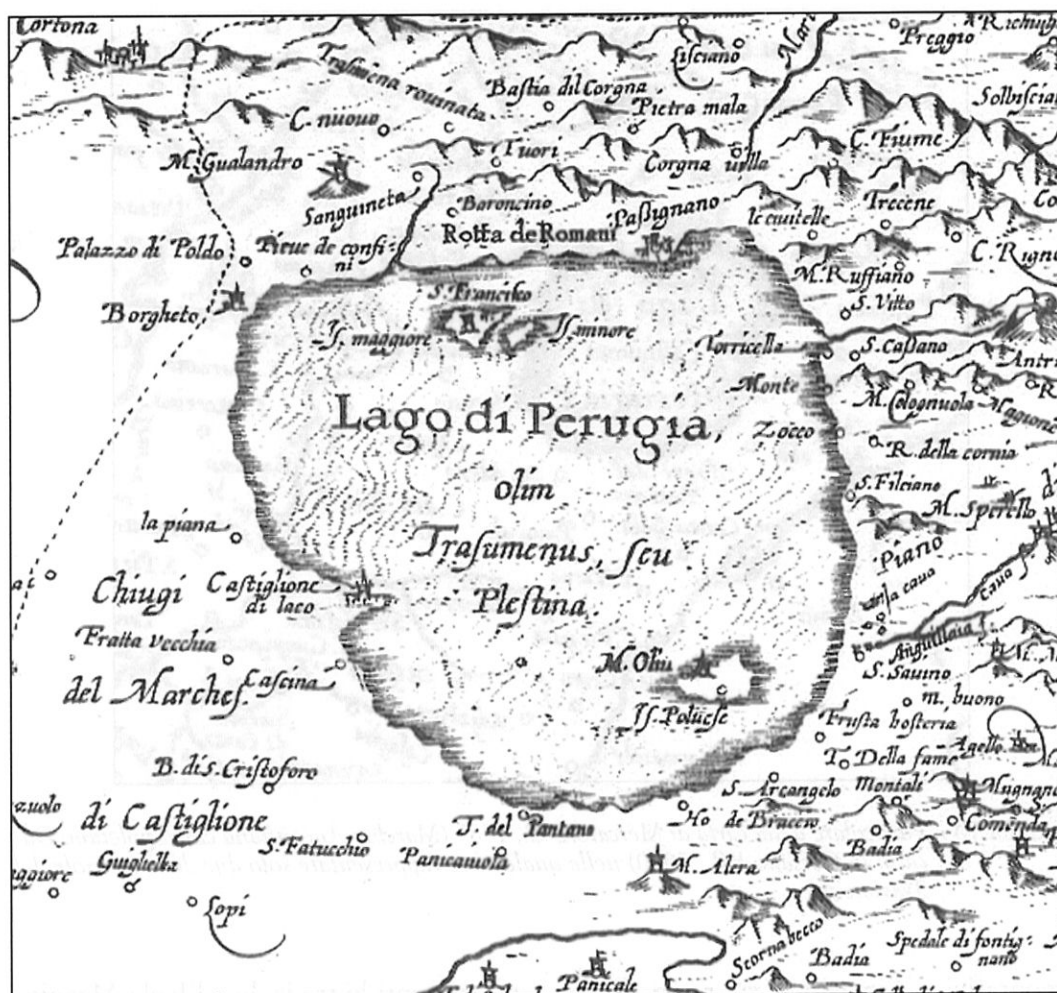



FIGURA 11 – *Particolare della carta del Territorio Perugino di Magini, G.A., 1597 (in Magini,1955).*

isola e inoltre, particolare non usuale, la cartografia è orientata con il N verso il bordo destro della carta (Fig. 13).

– Nella carta dell'incisore Cluver P. (1624) il Trasimeno è posizionato al centro della linea di spartiacque, rappresentato con rilievi prospettici, senza però una evidente asimmetria nell'andamento dei versanti (Fig. 14).

– Dal 1600 in poi la forma del lago si «schiaccia» nelle cartografie: non viene rappresentato con una forma allungata, ellissoidica in senso NS, ma appare più compressa in direzione WE e perciò più avvicina alla configurazione reale, le isole sono tutte rappresentate ed anche la loro superficie e la loro posizione reciproca è abbastanza corretta.

FIGURA 12 – *Particolare della carta dell'Umbria di Anonimo, (XVI-XVII sec.); si noti il toponimo «S. Francisco» riferito all'isola Maggiore (in Cassano F.R., 1990).*

Interessante notare che, fino a questo momento storico, arriva al Lago un deflusso proveniente da NW (area della Valdichiana) che non appare nelle cartografie successive, mentre è documentato frequentemente il collegamento tra il Lago ed il suo emissario artificiale rappresentato dal T. Caina, grossomodo nei pressi dell'attuale S. Savino.

– Lo Spada V. (1650) disegna una carta del Lago precisa nel dettaglio e bella nella «resa scenografica» con l'esecuzione dei rilievi in prospettiva (Fig. 15).

– La cartografia di un Anonimo, del 1712, approssimata nel segno e nei riferimenti geografici, può essere definita un primo tentativo di carta «tematica» poiché riporta dettagliatamente i

FIGURA 13 – *Particolare della carta di Bert P., 1602. La rappresentazione riporta due isole ed il N è ubicato a destra della carta (in Cassano F.R., 1990).*

siti frequentati dai frati Cappuccini (Fig. 16).

– Altro elemento interessante è il fatto che, non sempre, nelle varie cartografie sono rappresentati i laghi di Chiusi e Montepulciano che quindi vengono inclusi nell'ampia depressione della Val di Chiana. Bisogna arrivare al 1754, in una incisione su rame del cartografo Boscovich C.M., per discriminare i due laghi toscani ed avere una rappresentazione del perimetro del Trasimeno prossima all' attuale (Fig. 17).

– Molto interessante è l'incisione su rame di Pococke R. del 1745 (Giorgi, 2003), nella quale la forma del lago è in contraddizione con la posizione delle isole ed anche i riferimenti topografici e toponomatistici sono in disaccordo con la morfologia rappresentata. La posizio-

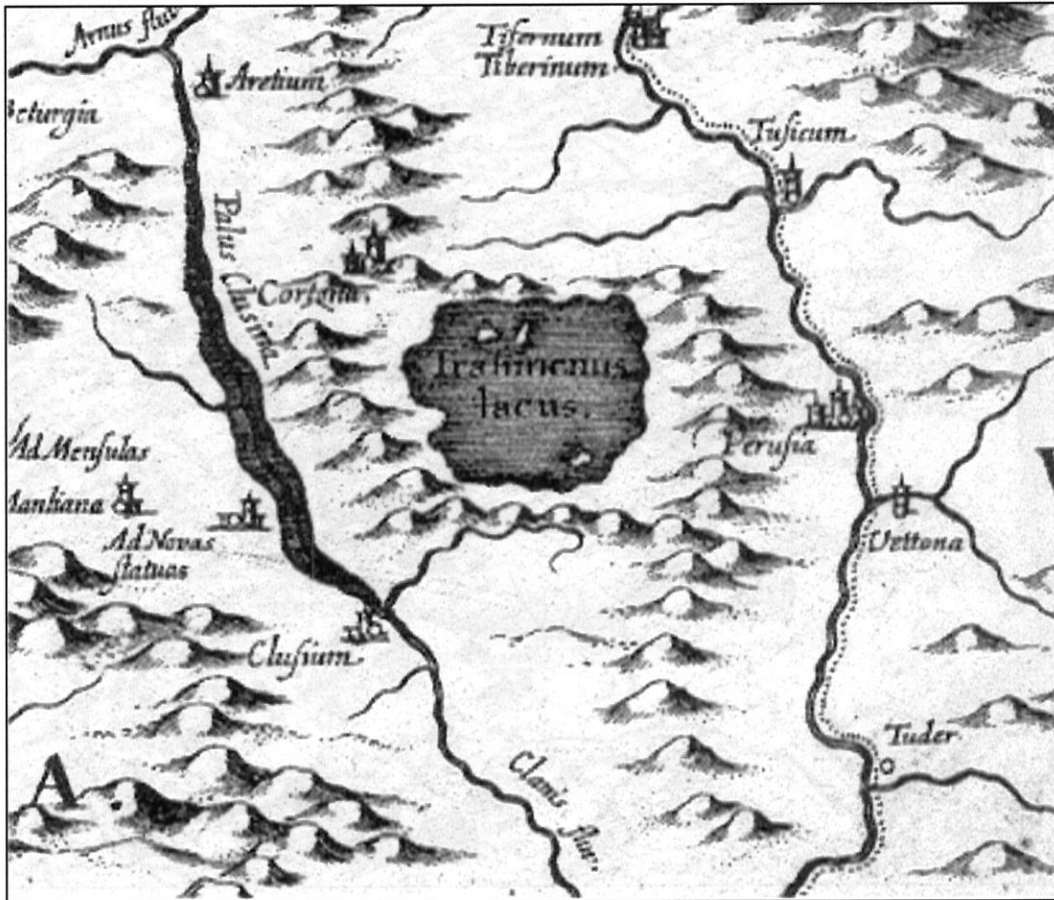



FIGURA 14 – *Particolare della carta di Cluvier P., 1624 (Etruriae Antiquae descriptio); il lago è rappresentato al centro dello spartiacque simmetrico (in Cassano F.R., 1990).*

ne geografica delle isole sembra consentire l'orientazione del Lago e una apparente penisola può essere identificata come il conoide del F.so Macerone di Tuoro s.T., ma l'ubicazione del centro abitato di Passignano induce a riferirla alla penisola di Castiglione del Lago; rimangono pertanto ingiustificate la posizione, la superficie e la forma delle isole. Anche il rilievo di Cortona è ubicato ad W del Trasimeno, mentre si trova a NE, Perugia è indicata a N del Lago mentre si trova ad SE, ecc. Appare quindi abbastanza chiaro che l'Autore raffigura il lago in senso NS, mentre il paesaggio è ruotato di 90°, raffigurato nei particolari in direzione EW; pertanto, gli elementi topografici e morfologici coesistenti risultano male assemblati (Fig. 18).

FIGURA 15 – *Particolare della carta del Territorio di Perugia, di Spada V. (1650) in cui è visibile, lungo la sponda settentrionale del L. Trasimeno, il tracciato del F.so Macerone (in Cassano F.R., 1990).*

– La rappresentazione del territorio con orientazione EW è abbastanza frequente (Fig. 19), per cui la forma del lago sembra incompatibile con l'orientazione della carta; anche nella cartografia del Fossombroni (1789) il N è posto a sinistra dell'immagine.

– Dal 1800 la forma del lago è abbastanza simile alle rappresentazioni più recenti, ma i due laghi toscani (di Chiusi e Montepulciano) compaiono ancora occasionalmente, probabilmente a causa della forte oscillazione delle acque.

– Il disegnatore Manzoni P. (1844) realizza una carta dettagliata e moderna, con tecnica di tratteggio e sfumatura che rende l'immagine incredibilmente simile ad un DEM (Fig. 20).

– Una carta idrografica dell'IGM, del

FIGURA 16 – *Cartografia «tematica» relativa agli insiediamenti dei Frati Cappuccini nell' Umbria (Provincia S. Francisci seu Umbriae confiniis, XVII sec.) (in Cassano F.R., 1990).*

1889, rappresenta il lago con estremo dettaglio specialmente nel *pattern* idrografico; l'analisi ed il confronto delle caratteristiche di questa cartografia con una più recente (1954) consente di ricostruire l'evoluzione naturale e/o antropica dell'idrografia (Fig. 21). È possibile infatti riconoscere catture e variazioni nell'andamento del deflusso superficiale soggetto a condizionamento

FIGURA 17 – *Maire C., Boscovich R., 1754; cartografia in cui i laghi di Montepulciano e Chiusi appaiono isolati rispetto alle Paludi della Chiana (in Cassano F.R., 1990).*

naturale (neotettonica) e/o artificiale (interventi antropici).

– Comune a quasi tutte le cartografie storiche del Trasimeno è la mancanza, lungo la sponda orientale, dell'insenatura di Torricella.

– Le rappresentazioni cartografiche dell'I.G.M. costituiscono lo strumento didattico e scientifico più valido fino dei nostri giorni; sulla base di questi elaborati, infatti, sono state realizzate con ulteriori aggiornamenti, tutte le cartografie moderne. La copertura cartografica dell'IGM viene compilata negli anni '50 in b/n, poi in tre colori fino alle carte più recenti ed infine alle Carte Tecniche Regionali (scala 1:10.0000 ed 1:5.000); in tali rappresentazioni il Lago testimonia modeste variazioni topografiche del suo perimetro.

La prima carta batimetrica del Lago Trasimeno è di Carollo (1969); l'esame della sezione bagnata individua un bacino «a catino» con fondo piatto (Fig. 22) mentre l'andamento dell'isobata 252 m «disegna» una «L» al centro Lago, in corrispondenza dell'incrocio delle importanti linee di frattura responsabili

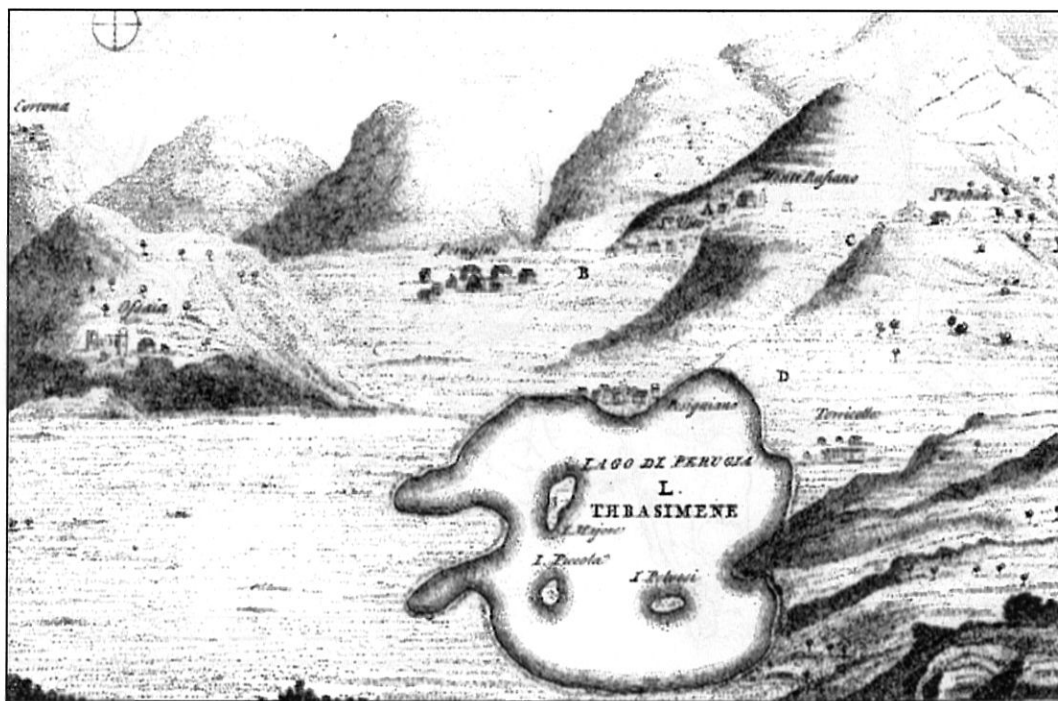



FIGURA 18 – *Mappa del L. Trasimeno (1745-1745) di Pococke R. con riferimenti geografici, topografici e morfologici (Giorgi, 2003).*

dell'evoluzione geologico-geomorfologica del Lago. È interessante notare come la «lettura» delle isobate consenta di relazionare il loro andamento con le vicende tettoniche e con gli effetti morfologici verificatisi nel Lago.

Una più recente elaborazione della carta batimetrica, a cura della Provincia di Perugia, che gestisce l'importante risorsa ambientale rappresentata dal Trasimeno (sopratutto in funzione delle ripetute e cicliche oscillazioni del suo livello) è finalizzata alla navigazione e fornisce una dettagliata simbologia sulle aree portuali/turistiche.

Deduzioni paleo-geografiche dalle carte storiche

Attraverso l'analisi delle diverse cartografie e dal confronto tra loro, tenendo conto della sequenzialità cronologica, con le cartografie più recenti, sono possibili alcune deduzioni sull'evoluzione del territorio del Lago Trasimeno:

– Fin dalle carte più antiche (dal 1500 al 1800 circa) è possibile notare che la sponda orientale del Lago non presenta quella «inflessione» nell'andamento della costa che attualmente corrisponde all'insenatura di Torricella, a N di Monte

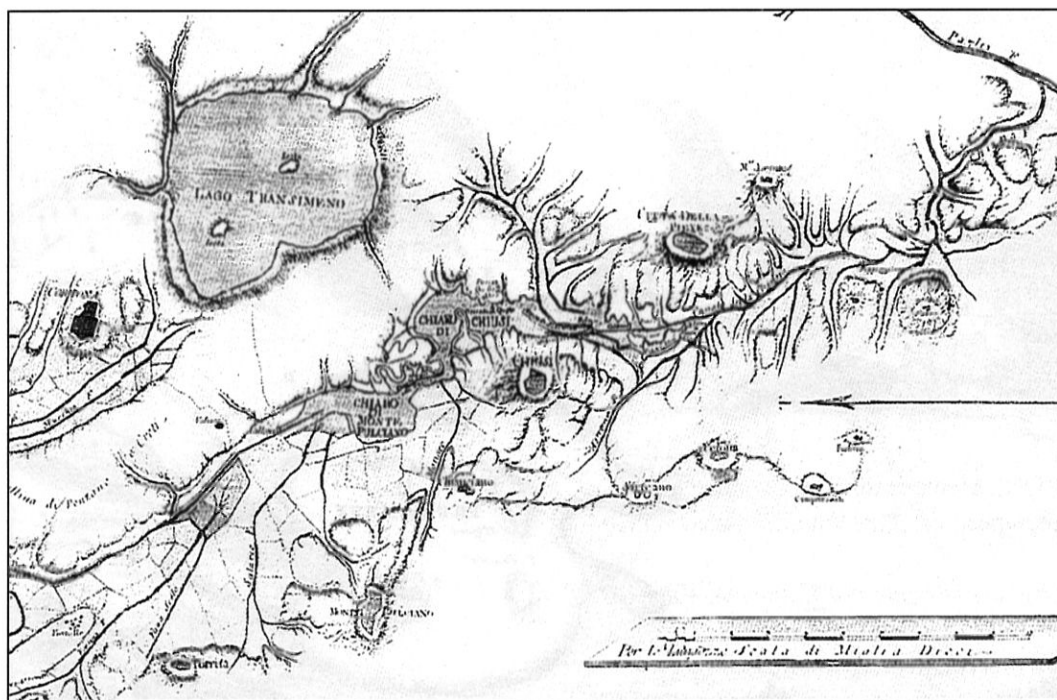



FIGURA 19 – *Il territorio della Valdichiana/Lago Trasimeno (Fossombroni, 1789).*

del Lago e che, insieme a quella presente nella sponda occidentale, presso di Castiglione del Lago, caratterizza il bacino con una precisa morfologia del perimetro grossomodo ad «8» (Cattuto & Gregori, 1993).

Questo particolare può risalire ad una scelta grafica o ad una situazione reale di quel periodo:un più basso livello delle acque, infatti, avrebbe lasciato allo scoperto una più ampia superficie, lungo il tratto di costa compreso tra il centro abitato di S. Donato e Torricella, rettificando in qualche modo la linea di costa.

– Un corso d'acqua proveniente da NW è segnalato in molte carte disegnate tra il 1580 ed il 1630 circa; la sua posizione ed orientazione, ad W di Cortona, fanno supporre un collegamento tra l'area della Valdichiana ed il Trasimeno. In quel periodo, quindi, le acque della Valdichiana fluivano in quantità tale da permettere un'attività e una morfogenesi fluviale riconoscibili. Successivamente, questo fiume non viene più rappresentato nelle carte, a testimonianza di una temporanea interruzione nella comunicazione tra i bacini dell'Arno e del Tevere (Fig. 23). Dopo il 1640, infatti, la zona è stato caratterizzata climaticamente da un periodo di forte siccità (Gambini, 1985).

– Nella carta del Danti (1580) ed anche in altre, lungo la sponda settentrio-

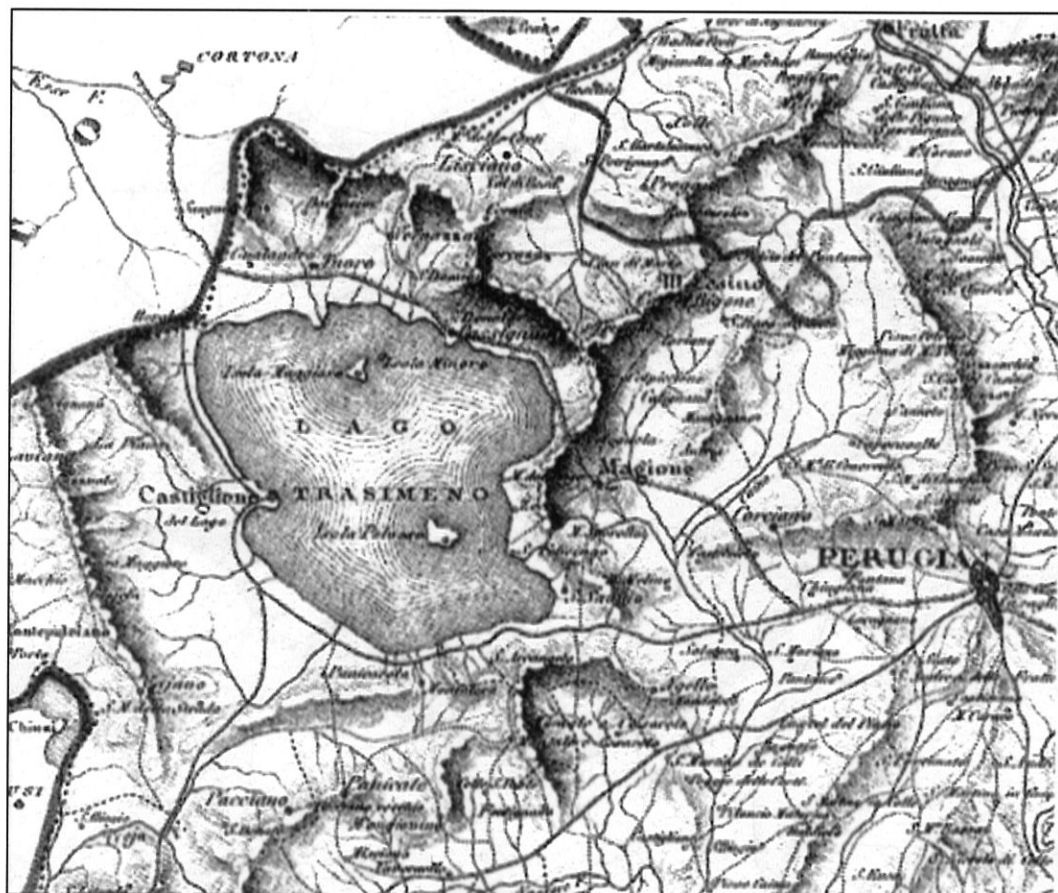



FIGURA 20 – *Particolare della carta del Manzoni P., 1844 (in Cassano F.R., 1990) la cui esecuzione appare molto dettagliata.*

nale del Lago, ad E di Sanguineto, si nota un fiume con tracciato a meandri, che dai rilievi ubicati a N sfocia nel Lago; tale corso d'acqua (F.so Macerone) non è presente in tutte le carte successive e non sempre è caratterizzato dall'andamento sinuoso disegnato dal Danti, ma è comunque presente in molte carte fino al 1700 circa) (Fig. 8).

Nella stessa cartografia dantiana è presente il toponimo Casa del Piano ubicato praticamente sulla riva, mentre nelle cartografie più recenti fino alle attuali, il sito è molto all'interno della costa (circa 1 chilometro) a testimonianza di una progradazione della costa e/o di un livello più basso delle acque. Il Lago, all'epoca del Danti, era più esteso e si spingeva probabilmente più all'interno (il toponimo vicino «il Porto» fornisce una chiara indicazione) e la posizione più arretrata del livello di base del F.so Mace-

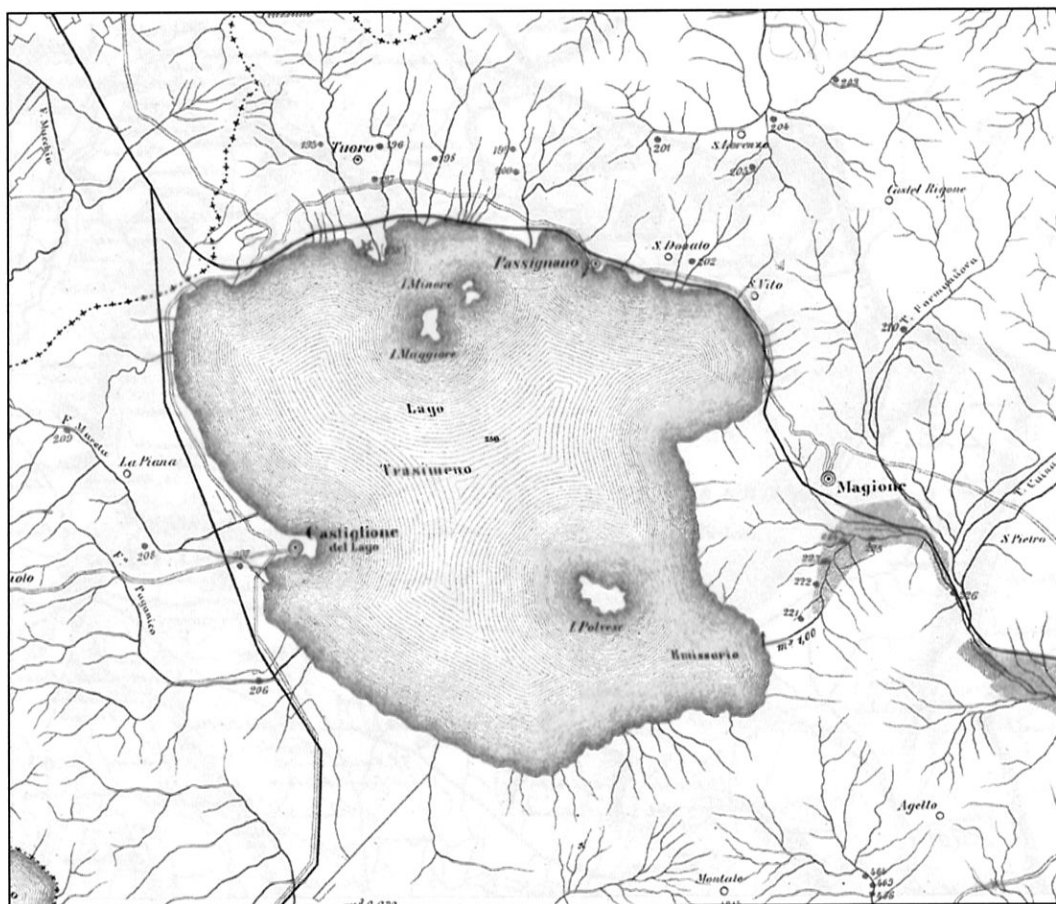



FIGURA 21 – *Particolare della Carta Idrografica del Ministero Agricoltura Ind. e Comm., 1889.*

rone rispetto alla costa, costringeva il fiume a coprire un tratto meno esteso, ma mediamente più acclive e, pertanto a smaltire energia assumendo un *pattern* a meandri.

– A partire dal 1600 è possibile notare chiaramente, nelle carte, il collegamento tra il Lago ed il suo emissario nei pressi di S. Savino (il sistema T. Caina/T. Nestore/F. Tevere); è noto che tale opera aveva la funzione di laminare le piene del Lago (Figg. 24a; 24b).Queste sono documentate anche attraverso una carta storica di Perugia del 1602 (Eusebi L. in Cassano, 1990) nella quale in un dettaglio, è visibile il territorio del Trasimeno con la raffigurazione del perimetro usuale e di quello registrato in occasione delle esondazioni anche di grandi proporzioni (nel 1602 il livello delle acque arriverà fino alla quota di 261,32 m, a circa 4 m al disopra della soglia dell'emissario;

FIGURA 22 – *Stralcio della Carta Batimetrica del Trasimeno (in Carollo, 1969).*

FIGURA 23 – *Particolare della Cartografia dello Stato della Chiesa di Magini G.A., 1607 (in Cassano F.R., 1990); il tracciato riconoscibile tra Cortona e Valiano, orientato NW-SE, è riferibile alla Valdichiana.*

Gambini, 1985). L'evidente rappresentazione nella carta dell'emissario denota la sua funzionalità in quel periodo storico di «acque alte».

– Verso il 1640 non compaiono più nelle cartografie sia l'emissario di S. Savino che il deflusso dalla Valdichiana e questi eventi potrebbero indicare, probabilmente un lungo periodo siccitoso, durato circa 14 anni a partire dal 1639 (Gambini, 1985). Tale episodio climatico è narrato dall' idraulico ufficiale dello Stato Pontificio Benedetto Castelli, in una lettera rivolta a G. Galilei.: «*... avendo inteso che il Trasimeno per la grande siccità di molti mesi, era abbassato assai...all'emissario del lago, ritrovai che il livello della superficie era abbassato di cinque palmi romani...*» (in Gambini, 1985).

– La Valdichiana, in quasi tutte le cartografie, a partire dalle più antiche, è

sempre rappresentata come un'ampia area impaludata con una espansione/golfo a N di Valiano in corrispondenza della zona ad W di Cortona (Fig. 8), in cui oggi è presente una ampia area depressa occupata da depositi fluvio-lacustri e denominata dal Danti «Piano di Cortona» (Danti, 1580) anche se il Magini (1597) colloca questo golfo più a N di Cortona, nell'ampia area pianeggiante ad SW di Arezzo (Magini, 1995).

– Come già accennato, nelle cartografie consultate, i laghi di Chiusi e Montepulciano ubicati a SE della Valdichiana, non compaiono o non sono mai rappresentati isolati ed appaiono discriminati dalle paludi toscane solamente a partire dal 1700 circa (Maire C., Boscovich R., 1754; Boscovich R., 1776; Buschings A.F., 1799 in Cassano, 1990); questa omissione potrebbe essere attribuibile ad una scelta tecnica dell'Autore oppure ad una reale fase di riduzione delle acque, tanto da renderne irrilevante la rappresentazione cartografica. I laghi vengono disegnati dapprima con un andamento allungato, condizionato dalla forma della depressione in cui sono ospitati, poi con una configurazione sub-circolare prossima a quella attuale (Figg. 25, 26).

FIGURA 24 – *a) Particolare della carta dello Stato della Chiesa di J.Hondius II, 1627 (in Cassano F.R., 1990); è ben visibile l'emissario di S. Savino che mette in comunicazione il Lago ed il T. Caina. b) Particolare della Carta dello Stato della Chiesa di H. Hondius, 1636 (in Cassano F.R., 1990); evidenti i rapporti del Trasimeno con la Valdichiana ad NW ed il T. Caina ad E.*

FIGURA 25 – *Particolare della Carta del territorio di Orvieto e Perugia di Olivieri B., 1803. Il Trasimeno in una rappresentazione prossima all'attuale mentre i laghi di Chiusi e Montepulciano sono ancora parzialmente comunicanti (in Cassano F.R., 1990).*

Le «vedute panoramiche»

Anche le «vedute» panoramiche (Giorgi, 2003) delle stampe ottocentesche, seppur mitigate da un certo romanticismo rappresentativo, identificano un modellato superficiale «incontaminato» dall'interferenza antropica ed individuano comunque, una situazione topografica e geologico-geomorfologica talora molto diversa dall'attuale e pertanto utile ai fini anche applicativi e/o gestionali. Nella foto riportata in Fig. 27, scattata all'incirca nel 1905, si osserva un livello delle acque del Lago molto più alto, se messo in relazione, non solo con la recente situazione (nel 2003 il livello del lago ha segnato quota –1.90 circa, sotto lo zero idrometrico della soglia di S. Savino) ma con il fatto che la Chiesa di S. Maria dei Servi è praticamente sulla costa, mentre attualmente si trova circa 3 m sopra il livello delle acque (Gambini, 1985).

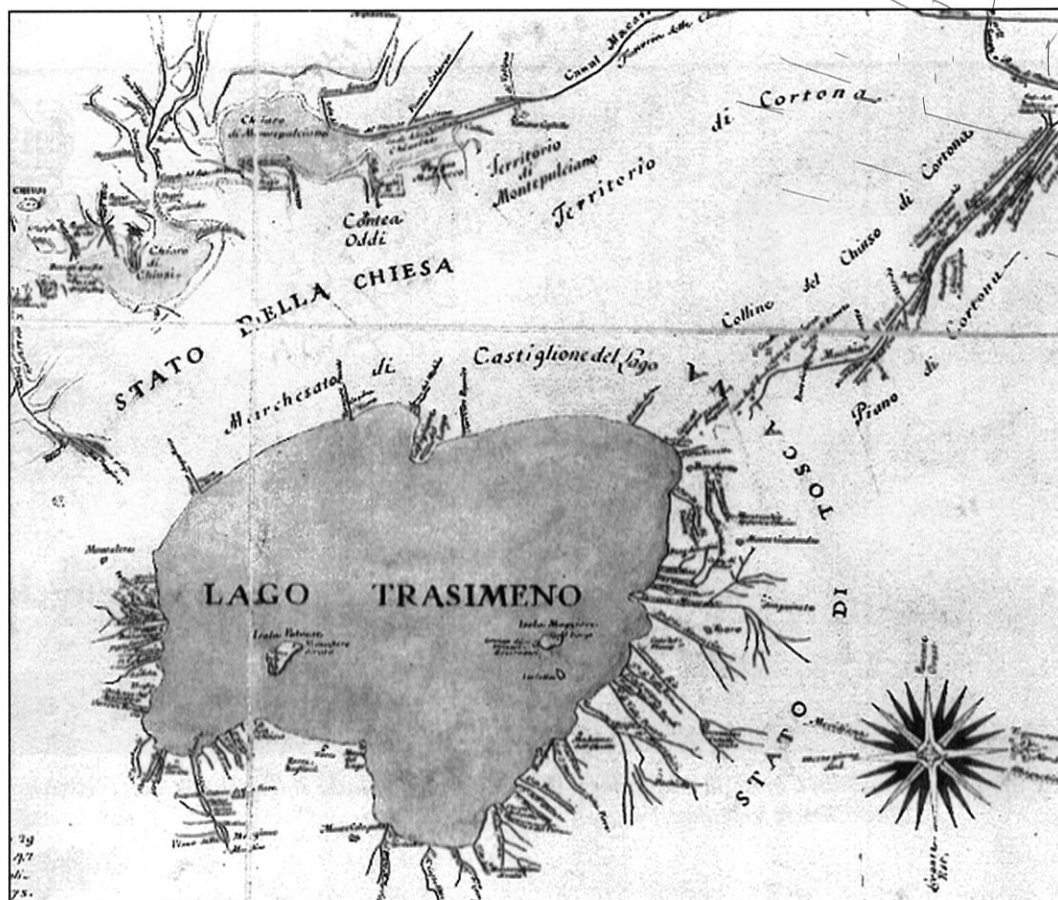



FIGURA 26 – *Particolare della Carta dello Stato della Chiesa di Anonimo, 1870.*

A seguito delle variazioni delle condizioni climatiche locali e dell'attuale *trend* negativo del livello delle acque, il Trasimeno ha subito talora vistose variazioni nella geometria del perimetro e nelle caratteristiche morfologiche. Quadri di artisti moderni (anni '60-'80) come il Dottori o il Donati, costituiscono un'utile, oltre che scenografica testimonianza di un ambiente, certamente non proprio «paleo», ma con caratteristiche talora molto diverse rispetto ad un passato abbastanza recente. La veduta dell'incisione ritratta dai rilievi sopra l'abitato di Torricella, eseguita nel 1980 (anno in cui il livello del lago era in risalita) dal Donati (Fig. 28a) e confrontata con il paesaggio attuale, mostra una decisa progradazione della costa specialmente nell'area a N del centro abitato, con una fascia di terra emersa molto più ampia di quella disegnata dall'artista (Fig. 28b).

FIGURA 27 – *Foto della Chiesa di Passignano sul Trasimeno, ubicata sulla sponda del Trasimeno (1900-1905 in Gambini,1985).*

Le foto aeree

Immagini interessanti ed utili alla conoscenza delle caratteristiche del Lago sono quelle derivate dalla copertura aerea (Volo del 1977 della Regione Umbria, scala 1:36.000). L'interpretazione geologico-geomorfologica delle foto aeree, sulla base dei principi della multicromaticità, multiscalarità e multitemporalità, costituisce uno strumento conoscitivo e di lavoro assolutamente insostituibile (Amadesi, 1993). Sono possibili, infatti, valutazioni non solo dei caratteri morfologico/idraulici, ma anche del monitoraggio della progradazione e/o dell'erosione della fascia costiera, della copertura vegetale, della situazione ambientale *s.l.* nel Parco del Lago Trasimeno (Fig. 9).

Il DEM

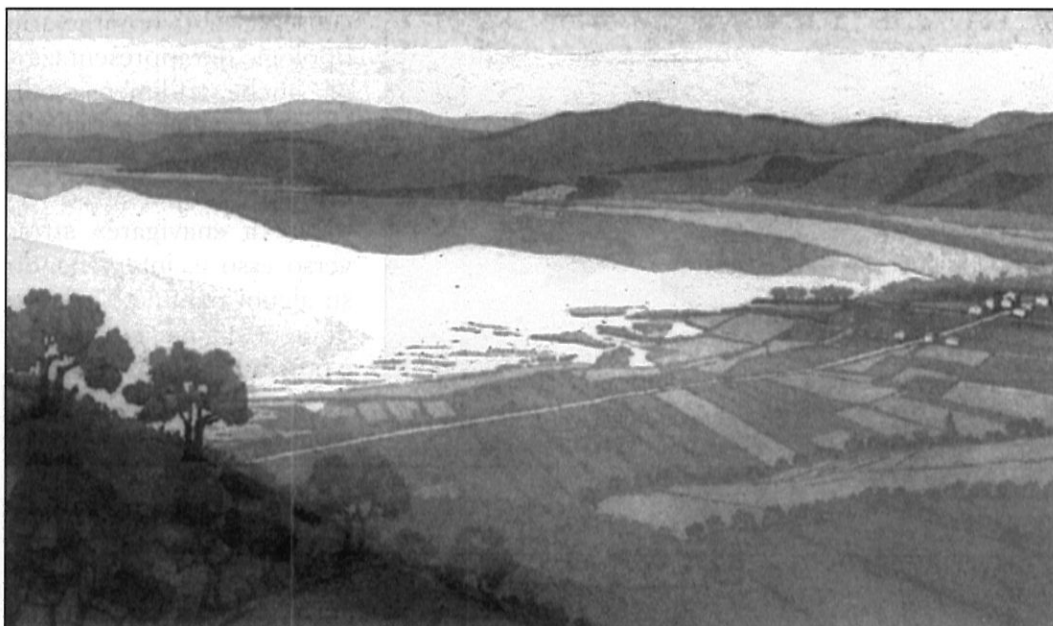
Infine le immagini che in assoluto sono il più recente, il più moderno e spettacolare mezzo di rappresentazione del territorio, sono quelle realizzate ed elaborate attraverso la visualizzazione del modello digitale del terreno. Il DEM

a)

FIGURA 28 – *a) Veduta panoramica del L. Trasimeno - Torricella (Trasimeno I, Donati D., 1980). b) La linea di costa attuale appare progradata rispetto a quella raffigurara nell' incisione.*

b)

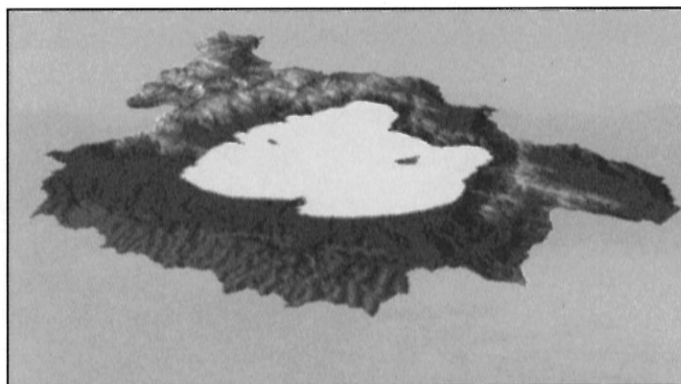
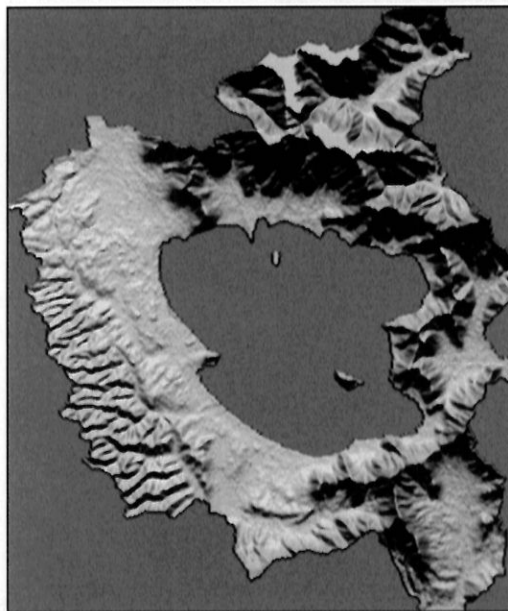



FIGURA 29 – *DEM del L. Trasimeno (Taglio del DEM dell'Umbria creato da dati radar (SRTM), Taramelli e Stark, 2003).*

FIGURA 30 – *DEM del Lago Trasimeno (Taglio del DEM dell'Umbria creato da dati radar (SRTM), Taramelli e Stark, 2003). Sono visibili gli elementi idrografici e geologico-geomorfologici utili alla ricostruzione dell'evoluzione paleogeografica del Trasimeno.*

consente di elaborare varie tipologie di rappresentazioni, anche tridimensionali. L'interpretazione ed analisi di tali immagini consente di elaborare un paesaggio virtuale, di «navigare» attraverso esso e, intervenendo su alcuni parametri (punto di osservazione, scala, ecc.) è possibile visualizzare e valutare, ad esempio, l'evoluzione morfologica di una certa zona. Gli algoritmi applicabili consentono di effettuare simulazioni, calcoli e misure (analisi ipsometrica e/o ipsografica, geomorfica quantitativa, ecc.) che oltre all'uso tecnico in *s.s.* permettono, in tempi rapidi, di elaborare rappresentazioni diverse in funzione delle variabili importate, e possono essere finalizzate alla ricostruzione dell'evoluzione del modellato superficiale e alla simulazione dei più disparati scenari, sia in ambito scientifico in *s.s.*, che applicato (Fig. 29).

Nell'immagine del DEM del Trasimeno, ad esempio, si riconoscono le evidenze morfologiche relative alla presenza delle faglie antiappenniniche, orientate in direzione NE-SW, che hanno interessato la depressione lacustre, a partire dal Pleistocene inferiore, con un ruolo determinante per la sua evoluzione (Fig. 32); ad W è visibile la faglia alla base della struttura Vaiano/Gioiella, orientata in direzione NW-SE, segnalata anche dalla scarpata che ha segnato la fine dei rapporti tra ambiente marino, ad W, e continentale, ad E (Fig. 30).

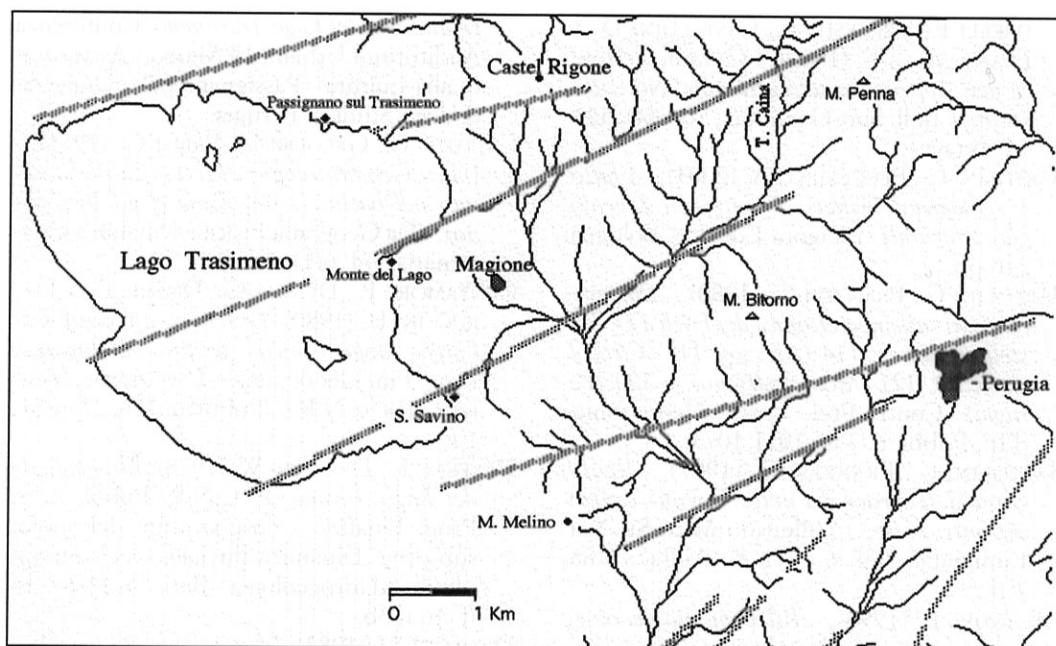



FIGURA 31 – *Schema del controllo strutturale subito dall'idrografia nel territorio del L. Trasimeno.*

Il DEM del Lago Trasimeno consente, quindi, di evidenziare l'andamento del modellato superficiale e di intervenire sulla restituzione delle immagini ad esso relative, permettendo di riconoscere e «vedere virtualmente» quegli elementi morfologico-strutturali (Fig. 31) che sono indizi probanti dell'evoluzione morfotettonica ricostruita (Cattuto *et alii*, 1992).

Bibliografia

AA.VV. (2004), *Perugino e il paesaggio.* A cura di BARONI G., BIASIO S., MELELLI A., PAPA C., SQUADRONI M., Silvana Editoriale, 269 pp.

AMADESI E. (1993), - *Manuale di fotointerpretazione con elementi di fotogrammetria.* Pitagora Editrice Bologna, 182 pp, 183 ff.

AMBROSETTI P., CONTI M.A., PARISI G., KOTSAKIS T. & NICOSIA U. (1977), - *Neotettonica e cicli sedimentari plio-pleistocenici nei dintorni di Città della Pieve (Umbria).* Boll. Soc. Geol. It., 96, *605-635,* 13ff., i tav. ft.

AMBROSETTI P., CARRARO F., DEIANA G. & DRAMIS F. (1982), - *Il sollevamento dell'Italia centrale tra il Pleistocene inferiore e il Pleistocene medio.* Contributi conclusivi per la realizzazione della Carta Neotettonica d'Italia (parte II°). Prog. Fin. «Geodinamica» / Sottoprog. «Neotettonica» (C.N.R.) - Pubbl. n. 513, 219-223.

AMBROSETTI P., CATTUTO C. & GREGORI L. (1989), *Geomorfologia e neotettonica nel bacino di Tavernelle / Pietrafitta (Umbria).* Il Quaternario, 2 (1), 57-64, 1 tav. f.t.

BARTOLINI C., BERNINI M., CARLONI G.C., COSTANTINI A., FEDERICI P.R., GASPENI G., LAZZAROTTO A., MARCHETTI G., MAZZANTI P., PAPINI G., PRANZINI G., RAU A., SAN-

DRELLI F., VERCESI P.L., CASTALDINI D. & FRANCAVILLA F. (1982), - *Carta neotettonica dell'Appennino settentrionale. Note illustrative.* Boll. Soc. Geol. Ital., 101, (4), 523-549,5 tavv.f.t.

BARTOLINI C., PECCERILLO A. (2003), - *I fattori geologici del rilievo. Lineamenti di geologia strutturale.* Pitagora Editrice, Bologna, 216 pp.

BARTOLINI C., PRANZINI G. (1980), - *Dati preliminari sulla neotettonica dei Fogli 113 (Castelfiorentino), 114 (Arezzo), 115 (Città di Castello), 121 (Montepulciano), e 122 (Perugia).* Contr. Prel. Carta. Neotettonica d'It., Pubbl. n. 356, 1011-1073.

BARTOLINI C., PRANZINI G. (1987), - *Evoluzione dell'idrografia nella Toscana centro-settentrionale.* - Bollettino Mus. St. Nat. Lunigiana, Vol. 6-7, (1-2), Aulla, 79-83, 7 ff.

CALANDRA R. (1990),, - *Rilevamento pedologico del settore occidentale nel Comprensorio del Trasimeno.* Annali Facoltà di Agraria, 44, 577-620, 1 tav. ft.

CAROLLO A. (1969), *Carta batimetrica e note geomorfologiche sul bacino del Lago Trasimeno.* Mem. Ist. Ital. Idrobiol., Verbania Pallanza, 25, 141-159, 4ff., 1 tav. f.t.

CASSANO F.R. (1990), *Perugia e il suo territorio - Carte Piante Vedute.* Vol.I, Volumnia Editrice, 298 pp.

CATTUTO C., CENCETTI C. & GREGONI L. (1992), - *Il Plio-Pleistocene nell'area meridionale del F. Tevere: possibile modello morfotettonico.* Studi Geologici Camerti, Volume speciale, (1), 103-108, 3ff.1 tav. f.t.

CATTUTO C., CONTI M.A., NICOSIA U. & PANISI G. (1979), - *Relazione sulla neotettonica dei Fogli 130, 131, 137 e 138.* Contributi preliminari alla realizzazione della Carta Neotettonica d'Italia. Prog. Fin. «Geodinamica» *I* Sottoprog. «Neotettonica» (C.N.R.) - Pubbl. n. 251, 13-8, 3 ff:

CATTUTO C. & GREGORI L. (1986), *Elementi geomorfologici ed episodi di tettonica recente nei dintorni di Spoleto (Umbria).* Boll. Soc. Geol. It., 105, 173-184, 10 ff.

CATTUTO C. & GREGORI L. (1993), *Origine ed evoluzione del Lago Trasimeno.* Conferenza Auditorium Urbani, 15 Marzo. (Assessorato alla Cultura - Passignano S.T. /Università degli Studi di Perugia.

CATTUTO C., GREGORI L., PARISI G. (1983), - *Indizi Geomorfologici di tettonica Pleistocenica nel bacino del T. Tresa (lago Trasimeno).* - Da Geografia Fisica e Dinamica Quaternaria Vol. 6(1), 16-20.

CENTAMORE E., DEIANA G., DRAMIS F. & PIERUCCINI U. (1980), *La tettonica recente nell'arco appenninico umbro-marchigiano.* Prog. Fin. Geodinamica *I* Sottoprog. Neotettonica (C.N.R.) - Pubbl. n. 356, 273-281, 1 f.

DEFFENU L., DRAGONI W. (1978), *Idrogeologia del Lago Trasimeno.* C.N.R. Pubbl. n. 8, Prog. Finalizz. Conservazione del suolo, sub-prog. Dinamica fluviale, Geologia applicata ed idrogeologia - Bari, 13, 11-67, 16 ff, 16 tabb.

DRAGONI W. (1982), *Idrogeologia del lago Trasimeno sintesi, problemi, aggiornamenti.* Geogr. Fis. e Dinam. Quaternaria, 5, (1), 192-206.

DRAGONI W., BASILE G., GREGORI L. (1985), *Bacino del lago di Chiusi: lineamenti geologici, erosione, sedimentazione.* Geol. Applic. e Idrogeol., 10 (parte I), 137-161.

GAMBINI E. (1985), *Le oscillazioni di livello del lago Trasimeno.* Quaderni del Museo della Pesca del lago Trasimeno, 2, 139 pp, 4 tavv. ft.

GIACOMELLI L., SCANDONE R. (2002), *-ulcani ed eruzioni.* Pitagora Editrice, Bologna, 278 pp.

GIORGI P. (2003), *La terra e le acque. La rappresentazione a stampa del Trasimeno dal '500 all' 800.* Edizioni Duca della Corgna, 223 pp.

GREGORI L. & MELELLI L. (2002), *Morfotipi, processi morfogenetici ed evolutivi legati ad alcuni toponimi dell'Umbria.* Convegno Internazionale di Studi «Toponimi e Antrotoponimi: Beni-documento e Spie di identità per la Lettura, la Didattica e il Governo del territorio» Università degli Studi di Salerno, 14-16 Nov. 2002.

GREGORI, L. & RAPICETTA S. (2001), *Cartografie storiche di supporto alla più recente evoluzione del paesaggio,* Atti 5° Conferenza Nazionale ASITA - Rimini, 9-12 Ottobre 2001, 2, 899-904, 7 ff.

JACOBACCI A., BERGOMI C., CENTAMORE E., MALATESTA A., MALFERRARI N., MARTELLI G., PANNUZI L. & ZATTINI N. (1970), *Note illustrative dei Fogli 115 «Città di Castello», 122 «Perugia», 130 «Orvieto».* (Servizio Geologico d'Italia) - Carta Geologica d'Italia alla scala 1:100.000 (Ministero dell'Industria, del Commercio e dell'Artigianato - Direzione generale delle Miniere), 151 pp.

JACOBACCI A., MALATESTA A., MARTELLI G. (1969), *Note illustrative della carta geologica d'Italia alla scala 1:100.000. Foglio 121 Montepulciano.* (Ministero dell' Industria, del Commercio e dell'Artigianato - Direzione generale delle Miniere),14 ff, 71 pp.

LIPPI BONCAMBI C. (1960), *Contributi alla monografia sul Lago Trasimeno: La zona pedoclimatica del Trasimeno.* Riv. Biol., 38, 112-134.

LOSACCO U. (1944), *Il bacino post-pliocenico della Valdichiana.* L'Universo, 25, (2), 45-71.

LOTTI B. (1926), *Descrizione geologica dell'Umbria.* Mem. Deser. Carta Geologica d'Italia, 21, 320 pp., 65 ff.

MAGINI G.A. (1995), *L'Italia centrale e meridionale* (a cura di A. Ventura). 2, Capone Editore, Lecce, Collana di Storia della Cartografia.

MAZZANTI R. & TREVISAN L. (1978), *Evoluzione della rete idrografica nell' Appennino centro-settentrionale.* Geogr. Fis. Dinam. Quat., 1, 55-62, 8 ff., I tav.

MERLA G. (1938), *Il Tevere. Monografia idrologica. I, parte 2a: Geologia e permeabilità dei terreni del bacino.* Servizio Idrografico (Min. LL. PP.) - Pubbl. n. 22, 129 pp., 16 ff., 2 tavv. f.t.

MERLA G. & ABBATE E. (1967), *Note illustrative della carta geologica d'Italia alla scala 1:100.000. Foglio 114 Arezzo.* (Ministero dell'industria, del Commercio e dell'Artigianato - Direzione generale delle Miniere), 52 pp.

PANIZZA M. & PIACENTE S. (2003), *Geomorfologia culturale.* Pitagora Editrice - Bologna, 350 pp., 109 ff.

PRINCIPI P. (1922), *I bacini pliocenici e quaternari dell'Umbria centrale.* Atti Soc. Ligustica di Scienze e Lett., 1 (2), 63-114.

PRINCIPI P. (1944), *Contributo alla monografia del lago Trasimeno.* Riv. di Biologia, 37, 17 pp, Perugia

RISTORI G. (1905), *Il bacino del Trasimeno.* Mem. Soc. Ital. Sc., 13, 324-405.

TEATINI D. (1959), *Vicissitudini e funzioni idrologiche del Trasimeno. Conferenza Ordine degli Ingegneri di Perugia* - Rotary Club di Perugia, Simonelli, Perugia.

VERRI A. (1879), *Avvenimenti nell' interno del bacino del Tevere antico durante e dopo il periodo pliocenico.* Atti Soc. It. Sc. Nat., 21, 5 tavv.

VERRI A. (1880), *Le valli antiche e moderne dell' Umbria.* Boll. R. Comitato Geologico d'Italia, 1-2, 14 pp.

VERRI A. (1892), - *Note sul territorio di Città della Pieve.* L'Umbria agricola, 12, 4 pp., 1 tab.

PROBLEMI NELLA REDAZIONE DELLA CARTOGRAFIA IDROGEOLOGICA IN ZONE COSTIERE DELL'ADRIATICO EMILIANO ROMAGNOLO

PROBLEMS IN THE CONSTRUCTION OF HYDROLOGIC MAPS OF EMILIA-ROMAGNA COASTAL AREA, NORTHEN ADRIATIC SEA

Ulazzi E. (*), Antonellini M. (**), Gabbianelli G. (*)

(*) Università di Bologna, Centro interdipartimentale di Ricerca per le Scienze Ambientali - via Sant'Alberto, n.163 - 48100 Ravenna
(**) Stanford University (CA, USA), Department of Geological and Environmental Sciences, Stanford, CA 94305, 2115 USA

Riassunto

Nell'ambito dello studio dell'intrusione d'acqua salata nell'acquifero freatico costiero del Comune di Cervia, la creazione di una carta delle isofreatiche è stata particolarmente difficile a causa della mancanza di una topografia del territorio dettagliata e aggiornata e d'informazioni omogenee e recenti relativamente alla profondità della falda. Le uniche informazioni disponibili si riferiscono al rilievo topografico del 1978 e a dati freatimetrici relativi al 1994, troppo vecchi se si considera che l'area investigata si colloca in una zona con forti tassi di subsidenza (maggiore di 2 mm/anno) e caratterizzata da enormi trasformazioni indotte sia dalle opere di bonifica sia dall'enorme sviluppo urbanistico e turistico.
Un nuovo rilievo topografico di dettaglio e il monitoraggio della falda su base GIS, hanno permesso di creare una carta delle isofreatiche aggiornata e precisa, da cui identificare e localizzare la presenza di acqua salata nell'acquifero superficiale. L'importanza della precisione topografica è stigmatizzata dal fatto che la profondità della superficie di separazione fra acque dolci e salate, secondo la legge di Ghyben-Herzberg, è circa 40 volte l'altezza del livello freatico sopra il livello del mare. Una errore di pochi centimetri nella stima di quest'altezza si traduce in un errore 40 volte superiore nella localizzazione della superficie di separazione.
Molte delle quote topografiche nel nuovo rilievo si sono rilevate sotto il livello del mare o in prossimità di esso e le quote freatiche sono raramente, se non nelle zone dunari e nei mesi invernali, sopra il livello del mare. I nuovi rilievi sono consistenti con i dati di conducibilità elettrica che mostrano un acquifero prevalentemente salato.

Parole chiave: Intrusione salina, opere di bonifica, estrazione di acqua sotterranea.

Abstract

During the characterization of the salt-water intrusion in the freatic aquifer of Cervia, we had many problems in reconstructing the water table maps, because of the lack of an updated topography of the territory.
The only available information refer to the topographical survey of 1978 and to water table depths data going back to 1994, too old considering that the investigated area is placed in a strong subsidence region (larger than 2 mm/year).
A new detailed topographical survey and aquifer monitoring, integrated within a GIS, allowed to construct new precise and updated water table maps that characterize the actual condition of salt water intrusion in the aquifer. The importance of topographical precision stems from the fact that the salt water – fresh water interface depth, as stated by the Ghyben-Herzberg relationship, is approximately 40 times the height of water table above sea level. An error of a few centimeters in estimating this height translates in an error 40 times larger in estimating the saltwater/freshwater interface depth.
Most of the topography in this area is now placed below sea level or in its proximity and the freatic level is very rarely above it. The new water table maps are consistent with the electric conductivity data that show an aquifer almost completely salty.

Introduzione

Gli acquiferi delle zone costiere, spesso estremamente urbanizzate e con un fabbisogno di acqua dolce che diventa sempre maggiore, rappresentano una preziosa risorsa idrica (es. California, Florida, Hawaii, Olanda, solo per citare alcuni casi molto conosciuti (Segol et al. 1976, Sonenshein R.S. 1995, Souza W.R. et al. 1987, Konikow L.F. et al. 1999).

Essi sono estremamente sensibili ai cambiamenti indotti sia dalla naturale evoluzione della morfologia costiera, che rappresenta un sistema altamente dinamico e complesso, sia dalle modificazioni del territorio indotte dall'azione umana (Carter R.W.G. 1988).

La ragione di questa vulnerabilità prende il nome di Intrusione Salina, definita come l'ingressione di acqua salata in un acquifero derivante da una diminuzione, naturale o indotta dalle attività antropiche, del carico idraulico di acqua dolce originaria dell'acquifero stesso.

L'equilibrio tra l'uscita di acqua dolce e l'ingresso di acqua salata dipende dal livello freatico e dal gradiente idraulico della tavola d'acqua e segue principalmente la relazione di Ghyben-Herzberg (1889-1901) (Fig. 1) che stabilisce la profondità della superficie di separazione acqua dolce – acqua salata proporzionalmente alla quota freatica della tavola d'acqua.

La causa principale dell'intrusione di acqua salata riscontrabile nella maggior parte degli acquiferi costieri è rappresentata da un uso intensivo e spesso incontrollato della riserva di acqua dolce sotterranea mediante pozzi di estrazione, che col tempo devono poi essere abbandonati in conseguenza della progressiva salinizzazione dell'acquifero stesso (Bear et al., 1999).

Lo studio effettuato ha riguardato la caratterizzazione chimico-fisica dell'acquifero freatico costiero di Cervia per ve-

FIGURA 1 – *Relazione di Ghyben-Herzberg.*

rificare l'estensione dell'intrusione salina e identificare i principali fattori che hanno portato allo stato attuale. Qui si riportano in particolare le difficoltà riscontrate nella creazione della cartografia dell'acquifero.

Inquadramento dell'area

L'area indagata è rappresentata dall'acquifero costiero del Comune di Cervia, per un'estensione complessiva di circa 20 km^2.

L'acquifero superficiale non confinato si estende per una profondità variabile da 0 a circa -18 m in prossimità della linea di costa.

A partire dagli anni '50 il territorio costiero è stato interessato da una progressiva urbanizzazione che ha portato all'impermeabilizzazione di circa il 50% dell'area considerata. Il restante territorio è occupato per lo più da campi agricoli e da pineta comunale (Fig. 2) (compresa nel Parco del Delta del Po).

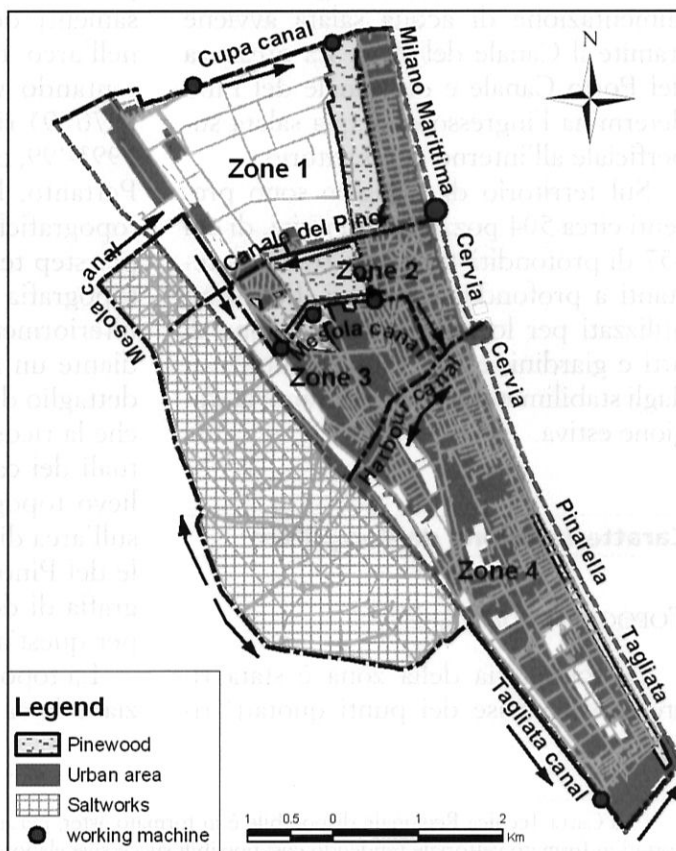
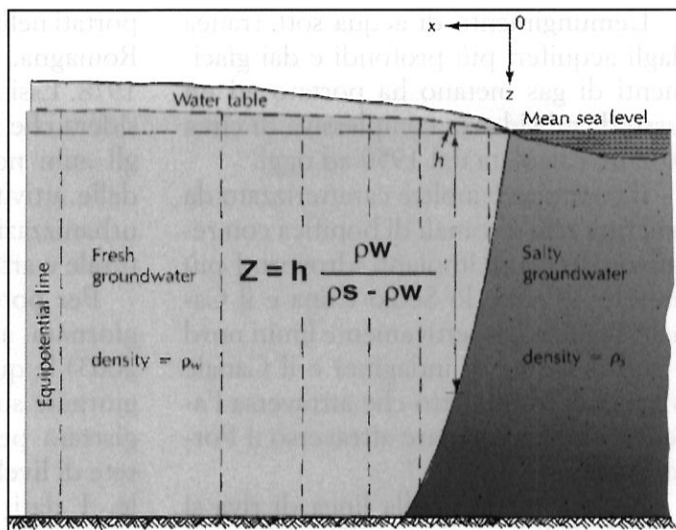



FIGURA 2 – *Study area.*

L'emungimento di acqua sotterranea dagli acquiferi più profondi e dai giacimenti di gas metano ha portato ad un tasso di subsidenza complessiva di circa 0.42 m, calcolata dal 1950 ad oggi.

Il territorio è inoltre caratterizzato da una fitta rete di canali di bonifica con relativo sistema di impianti idrovori. I più importanti sono lo Scolo Cupa e il Canale Tagliata (rispettivamente limiti nord e sud dell'area di indagine) e il Canale Mesola di Montaletto che attraversa l'area e confluisce a mare attraverso il Porto Canale.

A circa 1.5 km dalla linea di riva si trova la Salina di Cervia (Fig. 2), la cui alimentazione di acqua salata avviene tramite il Canale del Pino. La presenza del Porto Canale e del canale del Pino determina l'ingresso di acqua salata superficiale all'interno del territorio.

Sul territorio di indagine sono presenti circa 504 pozzi ancora attivi, di cui 357 di profondità tra i 3 e i 10 m, e i restanti a profondità maggiori. Essi sono utilizzati per lo più per l'irrigazione di orti e giardini, e 232 vengono utilizzati dagli stabilimenti balneari durante la stagione estiva.

Caratterizzazione dell'acquifero

TOPOGRAFIA DELL'AREA

La topografia della zona è stata ricreata sulla base dei punti quotati[1] riportati nella C.T.R. della Regione Emilia-Romagna, scala 1:5000, aggiornata al 1978. Essi sono troppo vecchi se si considera che l'area ha subito nel corso degli anni notevoli modificazioni indotte dalle attività umane: opere di bonifica, urbanizzazione crescente, subsidenza naturale e artificiale.

Per poter ottenere la topografia aggiornata al periodo di studio (2002-2003) le quote sono state dapprima aggiornate sulla base della subsidenza registrata per il periodo 1978-'99 dalla rete di livellazione di caposaldi regionale. I dati disponibili sono relativi al periodo 1950-'99 e evidenziano abbassamenti del territorio non omogenei nell'arco temporale considerato, presentando valori maggiori nel periodo 1970-'93 rispetto al successivo periodo 1993-'99, e non omogenei sul territorio. Pertanto, l'aggiornamento delle quote topografiche del 1978 è stato effettuato per step temporali successivi. Infine, la topografia così ottenuta al 1999 è stata ulteriormente aggiornata al 2003 mediante un nuovo rilievo topografico di dettaglio dell'area, che ha permesso anche la ricostruzione delle arginature attuali dei canali; dal momento che il rilievo topografico è stato eseguito solo sull'area di 5 km^2 compresa tra il Canale del Pino e il Porto canale, una topografia di dettaglio è stata ottenuta solo per quest'area (Fig. 3).

La topografia così ricostruita evidenzia un'area più elevata topograficamente

[1] La Carta Tecnica Regionale disponibile è in formato aster, pertanto utilizzando ArcGis 8.2 sono stati portati in formato vettoriale rendendo così possibili successive elaborazioni.

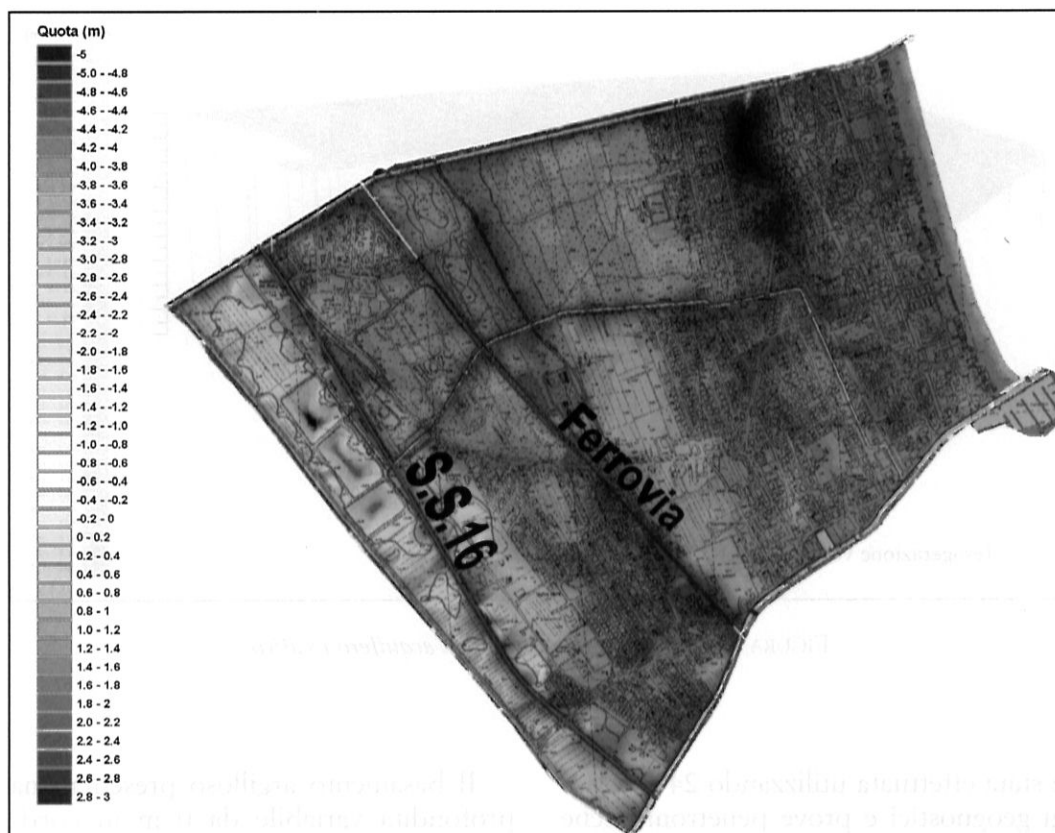



FIGURA 3 – *Topografia dell'area aggiornata al 2003.*

in prossimità e lungo la linea di riva, con quote comprese tra 1.2 e 2 m s.l.m.m.. Nella zona più settentrionale si evidenzia un'area più rilevata che arriva a quote di 2.8-3 m s.l.m.m., residuo di un'antica duna che tutt'ora è presente nell'area più a nord, occupata dalla pineta di Milano Marittima nelle quali si raggiungono quote fino a 5-5.5 m s.l.m.m..

Procedendo verso ovest si identifica un'area più depressa a quota topografica compresa tra 0.2-1.2 m s.l.m.m. che si estende indicativamente fino alla ferrovia, ben evidente da un rilevato. Sono però da notare alcune aree depresse sotto il l.m.m. nella pineta comunale di Cervia e nella zona retrostante la S.S. 16, nella quale si localizzano anche bacini d'acqua delle ex cave.

LIVELLO CONFINANTE BASALE DELL'ACQUIFERO

La ricostruzione della lito-stratigrafia dell'acquifero freatico, eseguita solo sull'area interessata dal rilievo topografico,

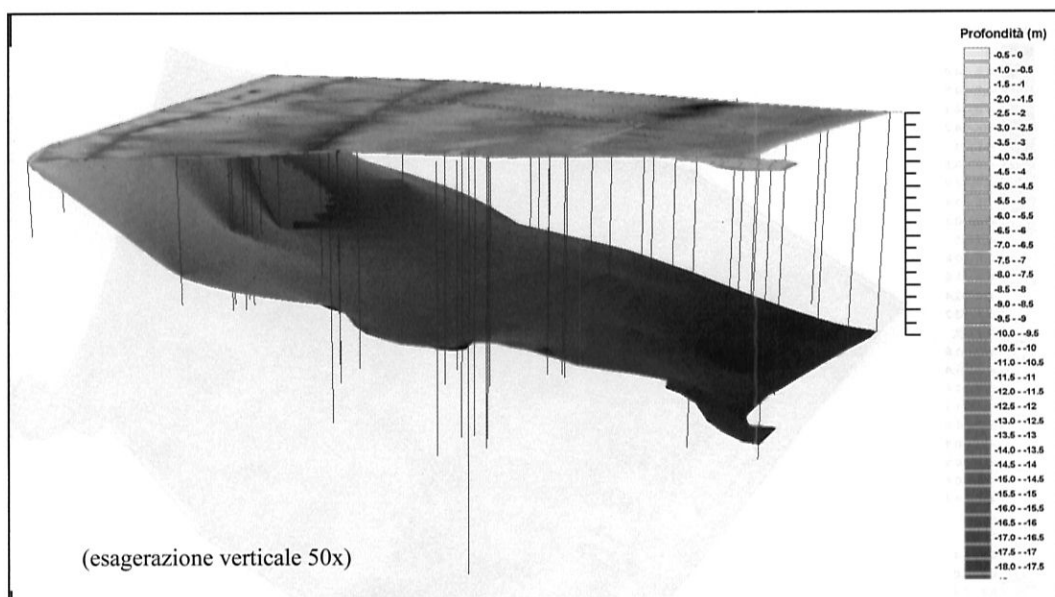



FIGURA 4 – *Basamento argilloso dell'acquifero freatico.*

è stata effettuata utilizzando 24 sondaggi geognostici e prove penetrometriche statiche scelte sulla base della loro attendibilità.

Le descrizioni litologiche sono state normalizzate utilizzando la scala granulometrica di Udden-Wentworth. Le elaborazioni sono state effettuate mediante il software Rockworks e implementate in un sistema GIS.

L'acquifero è costituito prevalentemente da sabbia medio-fine, con una componente media nella zona più prossima a costa e una componente più fine prevalentemente nella zona retrostante. Si tratta comunque di sabbia con presenza di livelli limosi-limosi/argillosi, particolarmente abbondanti nella zona centrale dell'area considerata.

Il basamento argilloso presenta una profondità variabile da 0 m in corrispondenza della linea di massima trasgressione marina a circa –18 m in corrispondenza della linea di costa. Si approfondisce inoltre in direzione S-N.

Mappe delle isofreatiche

Sull'area di studio è stato impostato un monitoraggio mensile dei parametri di profondità della falda, di temperatura e di conducibilità elettrica per il periodo Giugno '02-Maggio '03. La rete di monitoraggio è formata da 187 punti, costituiti da 69 piezometri (di cui 63 della profondità di circa –3 m e 6 della profondità di circa –12/-15 m), 20 pozzi a largo diametro, 50 pozzi a servizio degli

stabilimenti balneari e 50 punti lungo canali presenti nell'area di indagine, nonché 6 bacini d'acqua. La mancanza di punti di monitoraggio lungo la fascia costiera, che rappresenta anche la porzione di acquifero più sensibile all'intrusione salina, ha richiesto l'installazione di ulteriori piezometri lungo costa per il rilievo della profondità della falda.

Le carte delle isofreatiche (Fig. 5), elaborate solo per l'area investigata con rilievo topografico, che ha previsto anche la livellazione dei punti di monitoraggio.

Esse evidenziano un acquifero quasi completamente sotto il l.m.m. o di pochi cm al di sopra di esso, e non presenta quindi un carico idraulico tale per poter frenare l'intrusione di acqua salata alla base dell'acquifero (Ghyben-Herzberg). Le uniche aree poste al di sopra del livello del mare si collocano in prossimità della linea di costa, e lungo i canali presenti nell'area (Canale del Pino, Porto Canale e Canale Mesola di Montaletto). La freatica varia stagionalmente con un'escursione media di circa 0.9 m, con valori massimi di 0.82 m s.l.m.m. in inverno e valori minimi in estate a –1.06 m s.l.m.m..

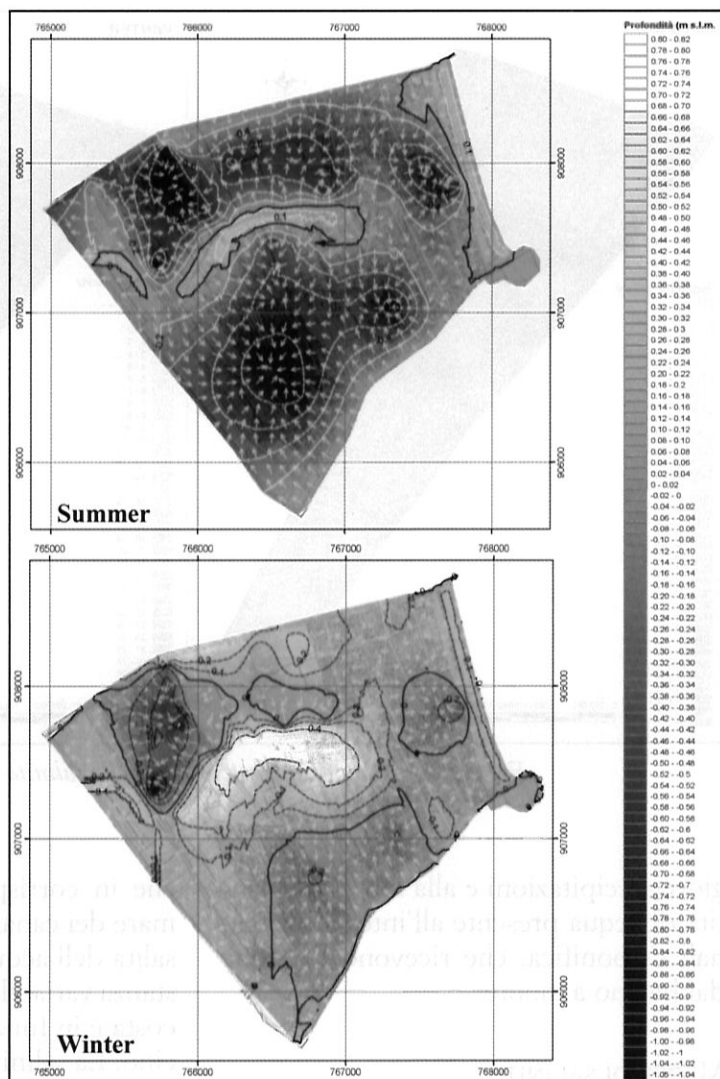



FIGURA 5 – *Mappe delle isofreatiche relative alle stagioni estiva e invernale.*

Durante la stagione autunnale-invernale la freatica si presenta maggiormente al di sopra del l.m.m. grazie alle mag-

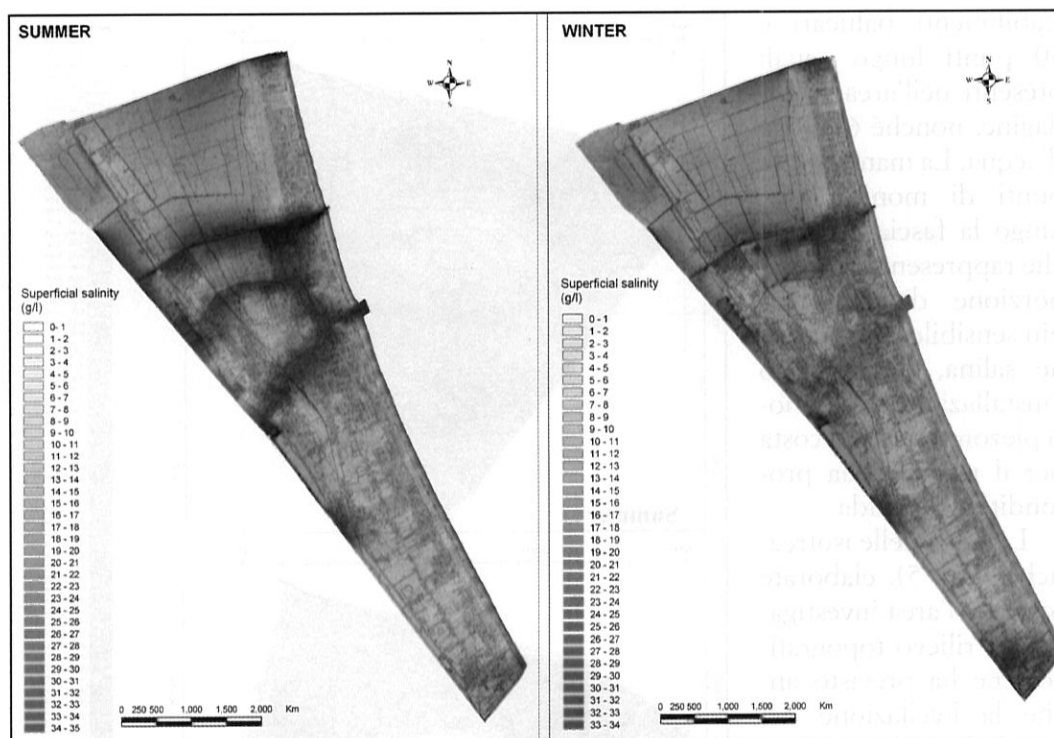



FIGURA 6 – *Mappe di distribuzione delle salinità superficiale.*

giori precipitazioni e alla maggior quantità di acqua presente all'interno dei canali di bonifica, che ricevono le acque dal bacino a monte.

MAPPE DI SALINITÀ

Le mappe della salinità superficiale (di cui si riportano quelle relative al periodo estivo e invernale in Fig. 6) evidenziano l'alimentazione di acqua di origine marina (circa 34 g/l in estate) da parte del Porto Canale e del Canale del Pino fino ad una distanza di circa 250 m dall'asse del canale. L'alimentazione di acqua a salinità >30 g/l, si evidenzia anche in corrispondenza degli sbocchi a mare dei canali di scolo, a causa della risalita dell'acqua di mare fino ad una distanza variabile di 1-1.5 Km dalla linea di costa e in funzione degli apporti dal bacino. La salinità risulta più elevata anche in corrispondenza delle aree pinetate e in vicinanza degli impianti idrovori, come conseguenza del richiamo di acqua salata dal basso a seguito dell'abbassamento della superficie freatica per opera della vegetazione e degli impianti meccanici.

L'acquifero presenta una salinità minore di 2-3 g/l in corrispondenza della fascia costiera e in zone circoscritte, distribuite sul territorio.

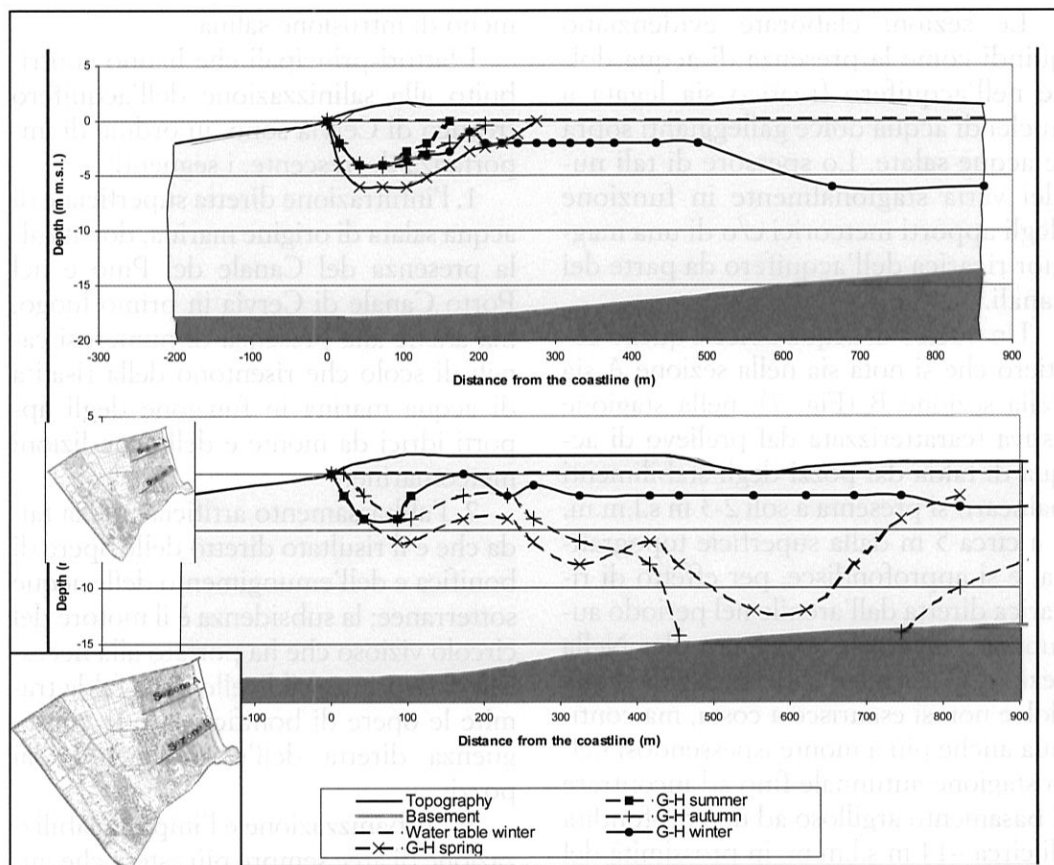



FIGURA 7 – *Interfaccia acqua dolce – acqua salata nell'acquifero studiato.*

Interfaccia acqua dolce - acqua salata

Sulla base della teoria di Ghyben-Herzberg si è ricostruita la posizione dell'interfaccia acqua dolce-acqua salata partendo dalle mappe delle isofreatiche discusse.

La relazione di G-H è stata applicata su due sezioni (A e B; Fig. 7). L'interfaccia acqua dolce – acqua salata non presenta la forma tipica delineata nella Fig. 1; essa non raggiunge la base dell'acquifero e non determina a mare uno «sbarramento» all'ingressione di acqua salata nell'acquifero freatico costiero studiato: la quota della freatica sopra il livello del mare non è sufficiente per poter spingere l'interfaccia più in profondità fino ad incontrare il basamento dell'acquifero. Situazione che si verifica solamente nella sezione B e relativamente alla stagione autunnale e in corrispondenza del Canale Mesola di Montaletto (Fig. 7).

Le sezioni elaborate evidenziano quindi come la presenza di acqua dolce nell'acquifero freatico sia legata a nuclei di acqua dolce galleggianti sopra le acque salate. Lo spessore di tali nuclei varia stagionalmente in funzione degli apporti meteorici e/o di una maggior ricarica dell'acquifero da parte dei canali.

Un nucleo di acqua dolce è quello costiero che si nota sia nella sezione A sia nella sezione B (Fig. 7); nella stagione estiva (caratterizzata dal prelievo di acqua di falda dai pozzi degli stabilimenti balneari) si presenta a soli 2-3 m s.l.m.m. e a circa 5 m dalla superficie topografica, e si approfondisce, per effetto di ricarica diretta dall'arenile nel periodo autunnale, invernale e primaverile. Nella sezione B il nucleo superficiale di acqua dolce non si esaurisce a costa, ma continua anche più a monte ispessendosi nella stagione autunnale fino ad incontrare il basamento argilloso ad una profondità di circa –14 m s.l.m.m. in prossimità del Canale Mesola.

Conclusioni

Lo studio ha evidenziato la mancanza di dati relativi alla topografia del territorio aggiornato e dettagliato della zona, estremamente importante per poter identificare la posizione dell'interfaccia acqua dolce – acqua salata e delineare l'intrusione di acqua salata nell'acquifero.

Si è inoltre evidenziata l'importanza di una rete di monitoraggio il più omogenea possibile con particolare riguardo alla fascia costiera più sensibile al fenomeno di intrusione salina.

I fattori principali che hanno contribuito alla salinizzazione dell'acquifero freatico di Cervia sono, in ordine di importanza decrescente, i seguenti:

1. l'infiltrazione diretta superficiale di acqua salata di origine marina, dovuta alla presenza del Canale del Pino e nel Porto Canale di Cervia in primo luogo, ma anche alla presenza di numerosi canali di scolo che risentono della risalita di acqua marina in funzione degli apporti idrici da monte e delle condizioni meteomarine;
2. l'abbassamento artificiale della falda che è il risultato diretto delle opere di bonifica e dell'emungimento delle acque sotterranee; la subsidenza è il motore del circolo vizioso che ha portato alla necessità di deprimere il livello della falda tramite le opere di bonifica ed è la conseguenza diretta dell'emungimento dai pozzi;
3. l'urbanizzazione e l'impermeabilizzazione di aree sempre più estese che impediscono l'infiltrazione di acqua meteorica nell'acquifero.

Bibliografia

BEAR J., CHENG A.H.-D., SOREK S., OUAZAR D. and HERRERA I. (1999), *Seawater intrusion in coastal acquifer – concepts, methods and practices.*

FETTER C.W. (2001), *Applied hydrogeology*. Ed. Prentice hall, fourth edition.

CARTER R.W.G. (1988), *Coastal Environments. An introduction to the Physical, Ecological and Cultural System of Coastalines*, 431-443.

SEGOL G., PINDER G.F. (1976), *Transient si-*

mulation of salt water intrusion in south eastern Florida, Water Resour. Res., 12, 65-70.

SOUZA W.R., VOSS C.I. (1987), *Analysis of an anysotropic coastal aquifer system using variable-density flow and solute transport simulation*, Journal of Hydrogeology, 92 (1987), 17-41.

SONENSHEIN R.S. (1995), *Delineation of Saltwater Intrusion in the Biscayne Aquifer, Eastern Dade County, Florida, 1995*, Water-Resources investiogation Report 96-4285. U.S. Department of the interior – U.S. Geological Survey.

Bollettino dell'A.I.C., n. 121-122 / 2004

CARTOGRAFIA GEOMORFOLOGICA DELLE COSTE ALTE LIGURI: IL CASO DEL PROMONTORIO ORIENTALE DEL GOLFO DELLA SPEZIA

GEOMORPHOLOGICAL CARTOGRAPHY OF THE HIGH LIGURIAN COASTS (NORTH WESTERN ITALY): THE CASE STUDY OF THE GULF OF LA SPEZIA

Arozarena Llopis Isabel (*)

(*) Dipartimento di Scienze della Terra, Università degli Studi di Pisa.

Riassunto

La realizzazione di una cartografia geomorfologica di dettaglio costituisce un imprescindibile punto di partenza per lo studio della dinamica evolutiva delle coste alte del Promontorio Orientale del Golfo della Spezia. Ne scaturisce una rappresentazione complessa dell'interazione e sovrapposizione fra fenomeni, depositi e forme.
La dinamica delle coste alte fra Bocca di Magra e Tellaro è funzione dell'interazione fra diversi agenti geomorfologici. La gravità, legata in gran parte alla situazione tettonica, ha favorito lo sviluppo di fenomeni franosi, mostrandosi come agente dominante nella zona. L'abbondanza di terreni calcarei ha favorito lo sviluppo di forme carsiche in una gran parte del territorio. Anche il mare si presenta in stretta relazione con i processi di versante. Questa interazione crea delle zone litorali formate da depositi gravitativi, successivamente riattivati e rimaneggiati dall'azione del mare. Il sedimento viene rielaborato e deposto secondo le direzioni dominanti di deriva litoranea, ma condizionato dalla presenza di promontori che agiscono come barriere, favorendo la deposizione. Tuttavia ci sono delle zone dove l'agente marino modella la roccia intatta, ad esempio, falesie attive, grotte ed archi marini. L'influenza della tettonica è abbastanza chiara e viene rilevata, anzitutto, dalla configurazione generale della costa analizzata; è una costa di faglia diretta per cui tutti i fenomeni e processi presenti vanno ricondotti in qualche modo ad essa.

Parola chiave: Cartografia geomorfologica, coste alte, Liguria Orientale

Abstract

Elaboration of a detailed geomorphologic cartography constitutes an essential point of departure for the study of evolutionary dynamics of the high coasts of the Eastern Promontory of the Gulf of La Spezia. It arises a complex representation of the superimposition of phenomena, deposits and landforms. The high coast's between Bocca di Magra and Tellaro dynamics are a function of the interaction between different geomorphic agents. Gravity, strongly related to the tectonic situa-

tion, has favoured the development of great landslides, appearing as the dominant agent in the area. The presence of several calcareous terrains has induced the development of carstic landforms over most of the studied area. The action of the sea is strongly related to the gravitational processes. This interaction creates littoral areas composed of gravitational deposits, subsequently reactivated and reworked by wave action. Sediments are transported and reworked by longshore currents, but influenced by the presence of promontories acting as barriers, favouring deposition. Nevertheless there are some areas where the marine agent models the intact rock, for instance, active cliffs, caves and marine archs. Tectonic control in the area is clear and is noted by the general configuration of the coast; it's a normal fault coast; because of this all the phenomena occurred in the area are related anyway to this fact.

Keywords: *geomorphologic cartography, high coasts, Eastern Ligury.*

Inquadramento dell'area

L'area studiata comprende l'estremità bagnata dal mare del Promontorio Orientale del Golfo della Spezia (Liguria Orientale). Il rilievo ha una direzione di allungamento NW-SE, parallelamente alle strutture appenniniche dominanti nella zona, e si presenta limitato a ponente dal bacino stesso del Golfo della Spezia, e verso E dalla Bassa Val di Magra.

In questo tratto di costa affiorano terreni appartenenti all'Unità metamorfica di Massa (Dominio Toscano), corrispondente al Verrucano e formato da metaconglomerati, scisti e quarziti con intercalazioni di marne, e al basamento metamorfico ercinico (età paleozoico-triassica) (Federici e Raggi, 1975); essi vengono ricoperti in discordanza tettonica e in seguito a un livello di brecce sedimentarie, da una successione toscana non metamorfica conosciuta come Unità Lerici-Tellaro. Essa è costituita dai Calcari e marne del Monte Santa Croce, e i Calcari di Portovenere di età comprese fra il Norico e l'Hettangiano (Federici e Raggi, 1975), (Fig. 1).

Le rocce presenti in quest'area sono state intensamente tettonizzate da parte di diverse fasi deformative, che hanno dato luogo a strutture molto penetrative. Sono state riconosciute cinque fasi deformative principali (Storti, 1995). Una prima fase (D_1) a carattere compressivo ha originato dei livelli di cataclasite e zone di taglio datate all'Oligocene finale Miocene iniziale (Kligfield, 1986) che corrisponde alla principale fase di compressione crostale dell'Appennino. Le due fasi successive (D_2 e D_3), appartenenti al Miocene, hanno dato luogo, la prima a zone di taglio milonitiche e pieghe di taglio asimmetriche e la seconda a una superficie di faglia con vergenza E (*detachment fault*) marcata da un livello di cataclasite ubicato al di sotto dell'Unità Lerici-Tellaro (Storti, 1995). Lungo questa superficie si è avuto uno spostamento di tipo distensivo in direzione NE. Una fase posteriore ha dato luogo a faglie normali ad alto angolo responsabili dell'attuale morfologia del Golfo, strutturato in promontori aventi versanti molto ripidi (Promontorio di Punta Bianca e Pro-

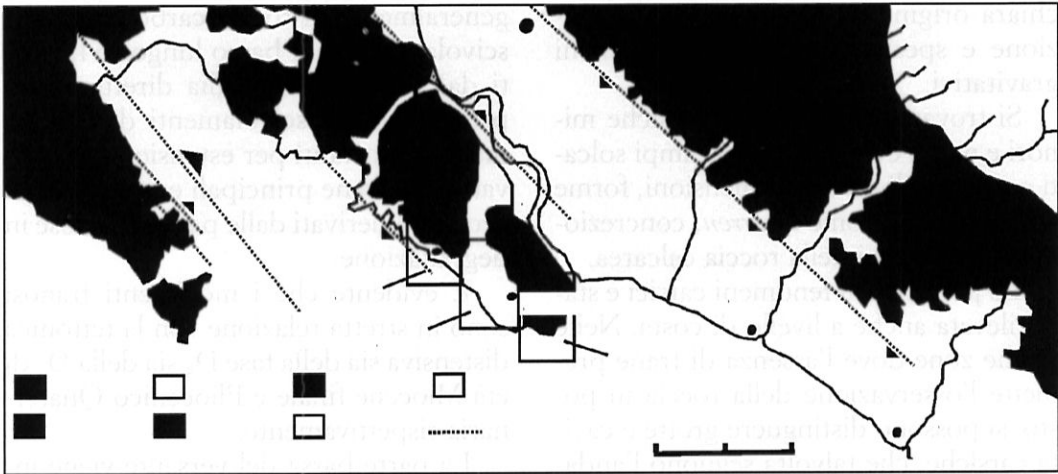



FIGURA 1 – *Schema Tettonico dell'area (da Federici e Raggi, 1975): 1.Faglie principali; 2. Depositi recenti; 3. Autoctono; 4. Unità di Massa; 5.Unità Panigaglia-Portovenere; 6. Unità Lerici-Tellaro; 7. Falsa Toscana; 8. Liguridi.*

montorio di Portovenere) separati da fosse tettoniche (Golfo della Spezia e Bassa Val di Magra) (Federici e Raggi, 1975; Raggi, 1988). L'età di questi movimenti risale al Pliocene superiore-Quaternario (Rusciniano superiore-Villafranchiano inferiore) (Federici, 1980).

Queste ultime faglie normali sono evidenti nella zona analizzata. In particolare si trovano evidenze di queste faglie nella zona fra Punta Corvo e Tellaro, come piani a scalini e strie.

Gli strati nel versante interno del Golfo hanno immersioni verso mare, con angoli variabili. Dato che, in molti tratti, le rocce sono composte dall'alternanza di strati calcarei e strati marnosi, si osservano lungo questi versanti, dei rilievi dovuti all'erosione differenziale, che condizionano la morfogenesi gravitativa e marina.

La carta geomorfologia

È stata realizzata una cartografia geomorfologia di dettaglio, a scala 1:5.000, la quale è stata poi sintetizzata nelle carte delle figure 2, 3 e 5; in queste, si è presentato il problema della sintesi cartografica e della rappresentazione dovuto alla coesistenza di fenomeni diversi in uno stesso luogo e alla difficoltà nel determinare quale è quello dominante.

Quest'area è caratterizzata da un intenso sviluppo delle forme carsiche, soprattutto nelle parti più alte del promontorio, dove, nonostante le pendenze che lo circondano, troviamo delle vette tondeggianti e spianate contornate da depressioni pianeggianti, valli cieche, vallette larghe ed a bassa pendenza, un grande numero di doline e di forme a contorni non definiti, ma con una

chiara origine da fenomeni di dissoluzione e spesso troncate dai fenomeni gravitativi.

Si trovano anche forme carsiche minori e meno evidenti, come campi solcati o a massi di diverse dimensioni, forme microcarsiche come i *karren*, concrezioni ed alterazioni della roccia calcarea.

La presenza di fenomeni carsici è stata rilevata anche a livello di costa. Nelle poche zone dove l'assenza di frane premette l'osservazione della roccia in posto, si possono distinguere grotte e cavità carsiche, che talvolta seguono l'andamento degli strati.

Sicuramente la presenza del materiali intensamente carsificati favorisce in qualche misura la suscettibilità al franamento dei versanti costieri.

La particolare struttura tettonica del Promontorio Orientale ha pesantemente condizionato gli agenti geomorfologici che hanno agito sulle rocce già indebolite dall'attività tettonica.

La disposizione delle forme di dissoluzione epigee (doline e uvala) talvolta per lo più segue l'andamento di lineamenti tettonici (Federici, 1970). Queste forme giungono ad interessare la sommità del versante occidentale del Promontorio oggetto di questo studio dove vengono troncate dai fenomeni franosi in arretramento che caratterizzano questo tratto costiero. Essi sono a loro volta strettamente legati all'esistenza di una faglia normale ad andamento circa NW-SE, per cui il fenomeno che li ha tagliati e ha favorito la franosità sembra essere stata la tettonica. I movimenti gravitativi occupano la maggior parte del versante a mare. Sono grossi ammassi generalmente di roccia carbonatica che scivolano verso il basso lungo (o favoriti da) un piano di faglia diretta. Sono presenti anche scivolamenti di detrito, meno importanti per estensione, e derivati dalle frane principali e falde o dagli accumuli derivati dalle pareti rocciose in degradazione.

È evidente che i movimenti franosi sono in stretta relazione con la tettonica distensiva sia della fase D_3 sia della D_4 di età Miocene finale e Pliocenico-Quaternaria rispettivamente.

La parte bassa del versante viene interessata dai processi meteo-marini; ondate e mareggiate, soprattutto nei mesi invernali (Chelli, 2000), che rimaneggiano le parti basse delle frane creando delle ripe di detrito di crollo e di scivolamento. Ciò costituisce un importante elemento di instabilità delle frane tramite lo scalzamento al piede di esse. Si osservano così, in più punti, riattivazioni di frane nelle parti più basse, creando zone di deposito a blocchi.

Di estremo interesse risulta la relazione fra le oscillazioni del livello marino e l'innesco delle frane, il cui piede si può trovare ora sotto il livello dell'acqua, il che crea i fenomeni di instabilità capaci di riattivare le frane (Fig. 2). Pochi sono i tratti nei quali si trovano vere e proprie falesie in roccia.

La morfogenesi gravitativa

Settore meridionale del Promontorio

In corrispondenza della Foce del Magra, il versante è caratterizzato da

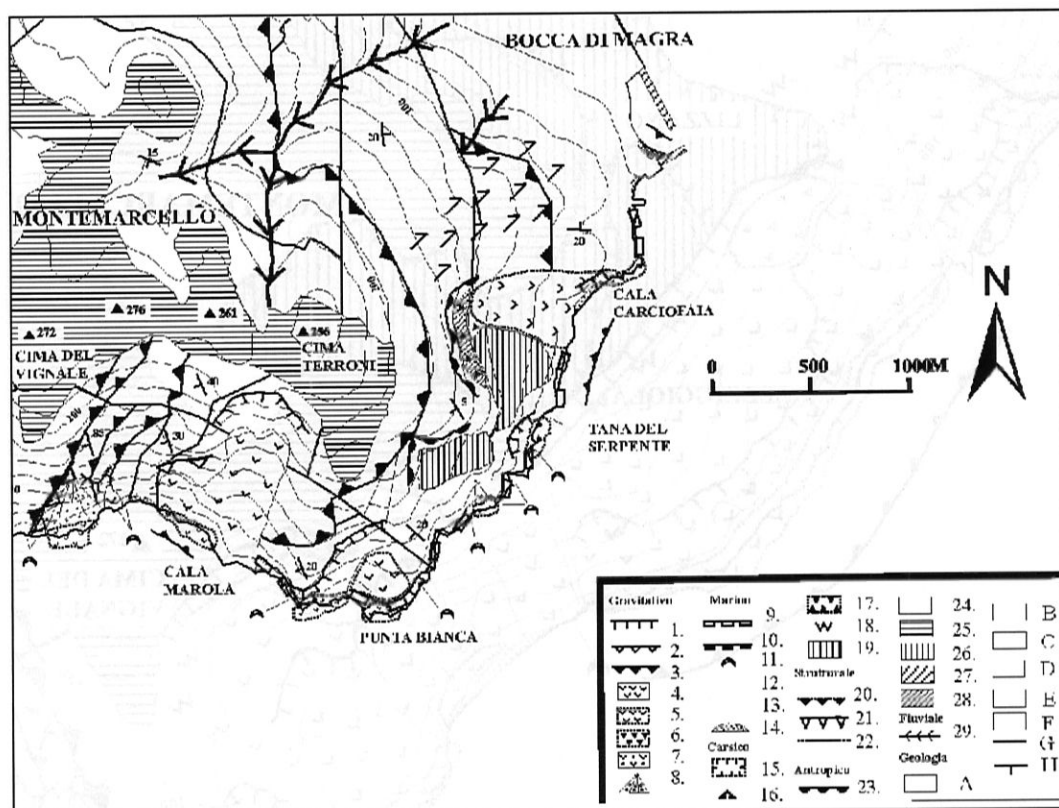



FIGURA 2 – *Schema geomorfologico del Promontorio di Punta Bianca. 1, Nicchia di frana. 2, scarpata di degradazione. 3, scarpata di degradazione di influenza strutturale. 4, frana di scivolamento attiva.5, inattiva.6, di crollo inattiva. 7, complessa. 8, cono di detrito. 9, falesia minore di 25m. 10, falesia maggiore di 25m. 11, grotta marina. 12, erosione marina.13, piattaforma costiera. 14, spiaggia. 15, uvala. 16, valleta carsica truncata. 17, grotta carsica. 18, campi solcati.19, terra rossa. 20, solco di erosione concentrata. 21, sovvrascorrimento. 22, faglia. 23, rilievo strutturale. 24, scarpata di cava. 25, zona urbana.26, terrazzamenti. 27, terrazzamenti dismessi.28, difese costiere. 29, piazzale di cava dismessa. GEOLOGIA: Unita di Massa: A)Metaconglomerati, B) Marmi bianchi, C) Metabrecce, D) Verrucano. E) Brecce Tettoniche. FALDA TOSCANA: F) Calcari e marne. G) contatto stratigrafico.*

una intensa vegetazione e uno sviluppo edafico e colluviale notevole. In questa zona affiora il Verrucano (metaconglomerati di quarzo e anageniti che si sovrappongono tramite uno scorrimento a una formazione di metarenarie e metaconglomerati, Storti, 1995).

Lo spessore di questa coltre e le relative alte pendenze favoriscono il movimento verso il basso della stessa. Questo fenomeno è stato messo in luce dalla presenza di uncinature negli alberi e di

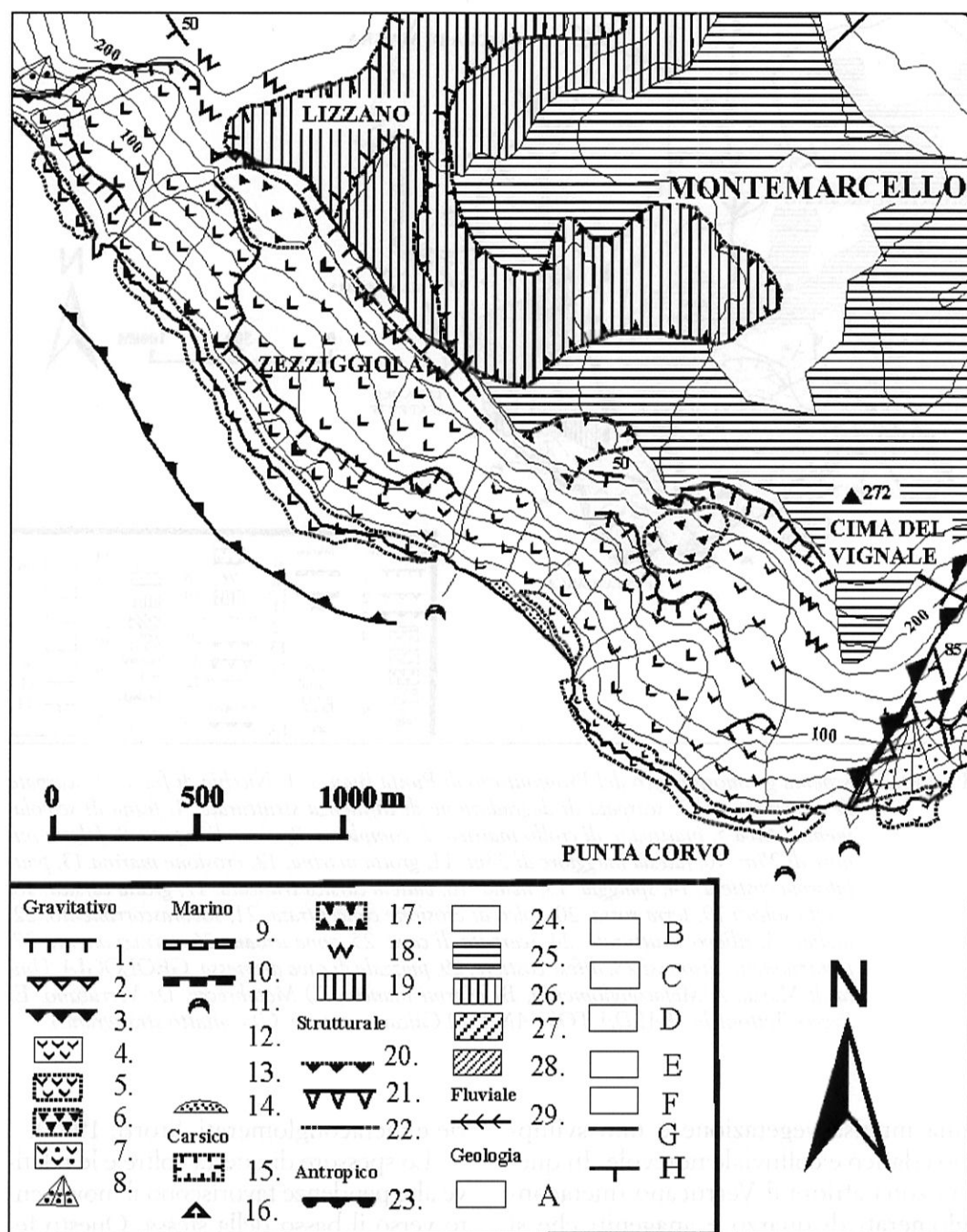



FIGURA 3 – *Schema geomorfologico da Punta Corvo a La Marosa. Legenda in figura 2.*

rigonfiamenti e ondulazione sulla superficie del terreno.

Continuando verso S, nel versante SE del Promontorio e a quota intorno a 125 m, si trovano due cave abbandonate di piccole dimensioni; la Cava della Carciofaia e quella del Serpente, escavate nelle filladi e quarziti del Paleozoico. Presentano entrambe una parete quasi verticale a forma all'incirca di mezza luna; alla loro base si trova un piazzale poco evidente, a causa della fitta vegetazione sviluppata, la presenza di grossi blocchi crollati e l'espansione edilizia, lasciando come unico relitto, la parete retrostante il piazzale.

I crolli, soprattutto nella Carciofaia, sono molto frequenti, e la parete è in degradazione.

Le frane di Punta Bianca

Il profilo costiero del versante, formato da due punte (La Punta Bianca ed un promontorio ad Est di essa), e la loro rientranza, è interessato da alcuni fenomeni franosi distinguibili fra loro e caratterizzati da meccanismi diversi:

Il vero e proprio promontorio di Punta Bianca è formato da una successione immergente verso SW (reggipoggio verso oriente) formata da calcescisti e marne, marmi bianchi, breccia poligenica e scisti viola con scisti cloritici e prasiniti (Elter e Federici, 1964). I sistemi di fratture perpendicolari alla giacitura favoriscono il crollo di grossi blocchi che si trovano alla base della falesia

Nella rientranza immediatamente ad Est della Punta Bianca si trova un corpo franoso di piccole dimensioni e profilo pianeggiante. I suoi limiti laterali sono mal definibili. Il deposito è formato da una matrice sabbiosa e di blocchi eterometrici e spigolosi di metarenarie e metaconglomerati. La nicchia di distacco, in parte smantellata e a quota 80 m circa, corrisponde al contatto stratigrafico fra le metarenarie e il sovrastante marmo di Punta Bianca. Il deposito è sostanzialmente inattivo; il corpo stesso è sigillato da un deposito colluviale.

La frana di Cala Marola

Continuando verso occidente, nella rientranza della costa fra Punta Bianca e Punta Corvo troviamo una frana con acclività intorno al 35%, avente una porzione apicale allungata e una maggiore estensione verso il basso. Queste relative basse pendenze vengono interrotte nella parte bassa, dove esiste una scarpata di erosione marina. Il corpo di frana è sistemato da terrazzamenti antropici dismessi. La sua nicchia di distacco si trova a una altezza fra 150 e 200 m s.l.m., e presenta una forma semicircolare mentre la testata si trova ad una altezza di circa 100 m s.l.m. (Fig. 4).

I litotipi che compongono l'accumulo sono metaconglomerati, quarziti e metabrecce con flussi di lava basica intercalati, appartenenti all'Unità di Punta Bianca. Il deposito si presenta come un ammasso caotico di blocchi di dimensioni molto varie. La matrice è limo-argillosa e presenta alterazioni biancastre sui minerali dell'argilla.

Lungo la scarpata marina si mostra una sezione del corpo di frana dove si misura uno spessore di circa 5 m. Questa scarpata di erosione marina conferi-

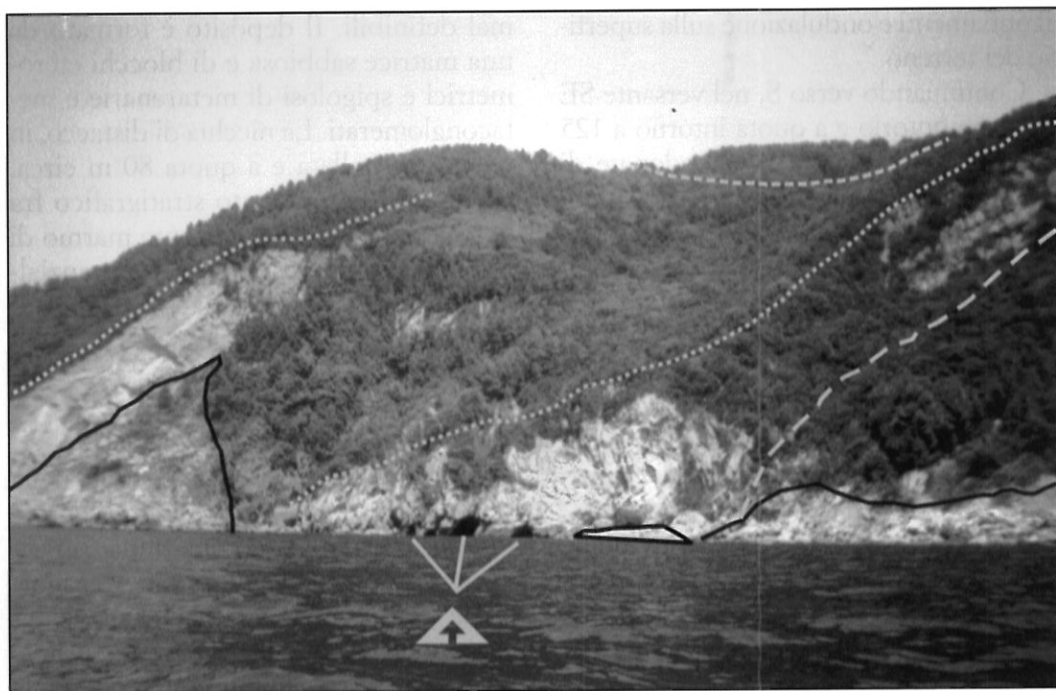



FIGURA 4 – *Panorama di Cala Marola. Con linea tratteggiata fine sono segnate le scarpate strutturali che danno luogo a fenomeni gravitativi al suo piede; a sinistra scontornato con nero si osserva un cono detritico e a destra con linea tratteggiata grossa, la frana di Cala Marola. In alto è nota la presenza di una faglia parallela alla costa. In basso si osserva una piccola spiaggia, delle grotte marine e il deposito basale della frana rimaneggiato dal mare.*

sce instabilità alla frana. La base del deposito è orlata da un accumulo di blocchi di grosse dimensioni. La frana è quiescente.

LE FRANE DI PUNTA CORVO

Il dissesto più importante del settore di Punta Corvo è la frana omonima.

Questa è la prima del versante interno al Golfo, interessato da imponenti movimenti gravitativi di entità molto superiore a quelli descritti fin'ora e con una genesi legata sia alla fenomenologia carsica (litotipi calcarei), sia alla tettonica. Il sustrato interessato dal fenomeno appartiene alla Formazione della Spezia (Dominio Toscano), è formata da calcari e marne disposte a franapoggio intorno a 40°W (Federici e Raggi, 1975).

La sua nicchia di distacco culmina a quota 250 m, in corrispondenza della sommità del versante; al suo piede troviamo un settore ad andamento concavo fino ad arrivare alla testata del deposito, a quota 175 m circa.

La parte più occidentale dell'orlo di distacco si identifica con pareti rocciose interessate da crolli, altamente fratturate e in continuo arretramento specialmente nella parte settentrionale della nicchia, dove si trova uno sperone roccioso interessato dalla degradazione carsica. Il resto della nicchia è meno acclive, e non da più luogo a crolli. In questo settore si trovano evidenze di un piano di faglia.

La natura del deposito è quella di un grosso scivolamento in roccia, nel quale si può distinguere l'originaria stratificazione; tuttavia alcuni settori della testata presentano piccoli depositi a struttura aperta, formati da blocchi decimetrici (Chelli, 2000). La nicchia di distacco culmina in corrispondenza della sommità del versante, dove la frana tronca una depressione carsica.

La frana presenta varie riattivazioni di grosse dimensioni con nicchie di distacco ad altezze intorno ai 160 m.

Lo spessore medio misurato dell'insieme è di 60 m. La frana è molto instabile a causa della presenza di nuove nicchie e scivolamenti di detrito attivi. Questo indica una sostanziale riattivazione almeno delle parti più basse o più superficiali. L'azione del mare al piede è decisiva nel valutare lo stato di attività; alla base della frana si trova una scarpata di erosione marina, alta una ventina di metri, orlata alla base da un deposito a blocchi.

Le frane della Spiaggia di Punta Corvo

Questa porzione di costa interessata da più frane ha la particolarità di presentare una morfologia in pianta concava e di essere orlata dalla spiaggia più grande di tutto il settore. Questa caratteristica la differenza del resto delle zone franose studiate, dove i depositi di frana in genere generano morfologie convesse e le spiagge sono sostanzialmente assenti.

Tutto il versante alle spalle della spiaggia è intensamente fratturato e carsificato; la roccia, quindi, si trova molto smembrata (Fig. 3). È difficile individuare singoli fenomeni franosi, poiché è tutto un versante soggetto a instabilità. Ad oriente si riesce ad identificare una frana caratterizzata da un deposito che, in profondità è composto da roccia stratificata ancora riconoscibile anche se alterata, ricoperto da detrito. Il meccanismo è presumibilmente complesso, con uno scivolamento di roccia basale e di detrito in superficie, favorito anche da crolli. Il distacco si produce a una altezza fra 175 e 200 m, dove troviamo una morfologia ad anfiteatro. Nella parte centrale ed occidentale del versante, i meccanismi complessi sembrano dominare nel generare corpi di frana; nel settore più occidentale si trova una parete subverticale di distacco situata allo sbocco di una valletta carsica troncata; le caratteristiche deposizionali sono equivalenti per tutte le frane che orlano la spiaggia.

La frana della Zezziggiola

È il fenomeno franoso che ha interessato la maggiore estensione di tutta l'area in studio. La nicchia, a una altezza di 200 m circa, ha una lunghezza di

ben 700-800 m. Alle quote di 175-150 m si trova la testata della frana. A partire da quota 150 m nel settore settentrionale e 50 m in quello meridionale, la presenza di nicchie di distacco minori testimonia l'esistenza di fenomeni gravitativi secondari, legati prevalentemente all'azione di scalzamento da parte del mare e alla disposizione a franapoggio degli strati. Questi movimenti di riattivazione danno luogo alla formazione di depositi di scivolamento di blocchi alla base della scarpata costituendo una linea di riva di detrito.

Lo spessore del corpo di frana raggiunge valori di 40-45 m. in alcuni casi si formano canaloni con scariche di detrito, i quali, in corrispondenza di zone a bassa acclività, depongono il materiale formando coni e lobi.

Gli strati immergono verso WSW con inclinazioni intorno ai 50-60° alla sommità (Chelli, 2000), dove si trovano interrotti da una faglia parallela alla linea di costa, evidenziata dalla presenza di un piano essenzialmente coincidente con la stratificazione, avente strutture tipo scalini di faglia. Queste strutture indicano un movimento normale della faglia.

La nicchia è accompagnata da un elemento non continuo, una trincea di frana, con un tratto in contropendenza.

La nicchia presenta una notevole variabilità morfologica; la parte settentrionale di essa è uno sperone roccioso, alto una ventina di metri, con un deposito di crollo alla base. Verso Sud, la nicchia non è più evidente; presenta elevata acclività ma è edafizzata e interessata da fenomeni carsici, principalmente deposizione di *terra rossa*; questo settore si trova in corrispondenza del limite sudoccidentale dell'Uvala di Lizzano, una delle forme carsiche più caratteristiche dell'area. Le nicchie secondarie, quelle cioè ubicate intorno alla metà del pendio, sono di natura diversa. La maggior parte di esse è formata per il collasso del deposito stesso, innescato in parte dalla instabilità che fornisce il mare al piede. Il deposito è composto da materiale intensamente frantumato.

La maggior parte del deposito di frana è formato da un'intera porzione di versante che è scivolata, sicuramente lungo un piano di faglia, ed è formato da roccia, che, seppure con certo grado di frantumazione, è ancora integra.

L'attività della frana, è sempre legata allo spostamento della faglia, per cui si dovrebbe parlare di uno stato quiescente-attivo, dato che è formata anche da macereti di materiale sciolto, di detrito, e che presenta delle nicchie secondarie legate alla azione del mare, le parti più superficiali sono senza dubbio soggette a un costante rimodellamento.

La frana della Marosa

Questa frana è stata dettagliatamente descritta da Chelli (2000) insieme al deposito di versante ubicato immediatamente a NW di essa.

La sua morfologia in pianta mostra una zona superiore marcatamente concava, corrispondente alla zona di distacco; i due terzi inferiori, corrispondenti al corpo di frana, hanno pendenza minore e profilo convesso (Fig. 5).

Gli strati in questo settore del versan-

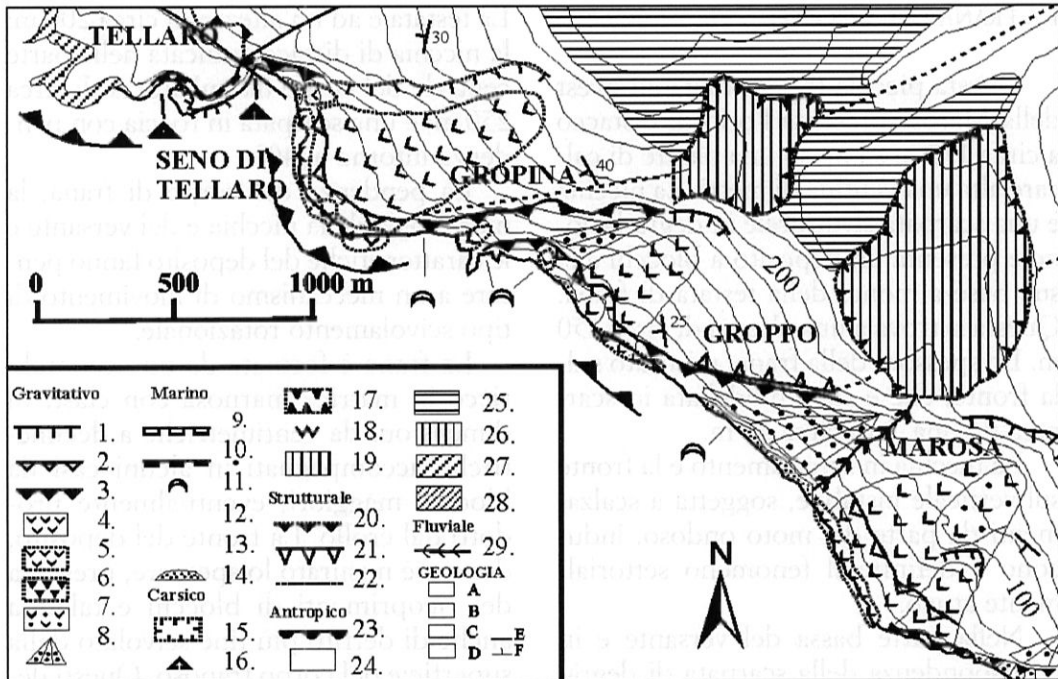



FIGURA 5 – *Schema geomorfologico del settore fra La Marosa e Tellaro. Legenda geomorfologica in figura 1. GEOLOGIA: FALDA TOSCANA: A. calcare e marne (Norico-Retico), B. Calcari di Portovenere (Retico), C. Dolomie e calcari cristallini (Hettangiano), D. Calcari marnosi (Sinemuriano inf), E. Contatto stratigrafico, F. misure di strato.*

te costiero immergono WSW con inclinazioni intorno ai 30°. Quest'area si trova intensamente carsificata e collegata a una dolina troncata.

La nicchia è una parete alta una ventina di metri e quasi verticale; alla sua base si trova una zona a lieve contropendenza, interpretata come evidenze di una trincea di frana. Vista la concordanza dell'andamento degli strati con il movimento della frana, l'esistenza di una faglia all'incirca parallela alla costa (stessa faglia delle frane della Zezziggiola e di Punta Corvo), Chelli, 2000, ha suggerito una superficie di scivolamento coincidente con uno di questi due piani e legato alla intersezione di entrambi.

Lo stato di attività può essere valutato in base alle caratteristiche della fronte della frana, che si presenta a sua volta rimovilizzato e molto acclive, a causa dello scalzamento marino, indicando una continuità nella evoluzione del fenomeno gravitativo. Un altro fattore che marca l'instabilità è la parete che forma la nicchia, la quale si trova in forte arretramento, sia per fenomeni erosivo-gravitativi sia per influenza della degradazione carsica.

La frana del Groppo

Questa piccola frana situata ad ovest della Marosa presenta l'orlo di distacco a circa 175 m s.l.m. su una parete di calcare alta una ventina di metri. La nicchia è una scarpata strutturale in degradazione e presenta un deposito a blocchi alla sua base a monte della testata di frana. Questa si trova a una altezza di circa 150 m. Lo spessore della frana, misurato sulla fronte, che è stata modellata in scarpata marina, è di circa 20 m.

La nicchia in arretramento e la fronte subverticale instabile, soggetta a scalzamenti da parte del moto ondoso, inducono a definire il fenomeno settorialmente attivo.

Nella parte bassa del versante e in corrispondenza della scarpata di degradazione nel suo congiungimento con il mare si trova un deposito di versante, formato da un piccolo cono di detrito di versante che sbocca nella spiaggia a blocchi. È formato dallo stesso materiale che forma la frana che è stato dilavato da parte delle acque correnti, sicuramente lungo un canalone di erosione concentrata impostato nel limite fra frana e scarpata di degradazione.

La frana della Gropina

Questa frana ubicata nell'estremità occidentale della zona studiata è anche la più intensamente antropizzata. Interessa i Calcari di Portovenere, formazione stratigraficamente superiore ai precedenti Calcari di M. Santa Croce

Ha uno sviluppo longitudinale di oltre 400 m, uno spessore stimato di 20 m. La testata è ad un'altezza di circa 200 m; la nicchia di distacco ubicata nella parte centrale del corpo ha un'altezza di circa 250 m; è una scarpata in roccia con pendenza intorno ai 40°.

La pendenza del corpo di frana, la morfologia della nicchia e del versante e le caratteristiche del deposito fanno pensare a un meccanismo di movimento di tipo scivolamento rotazionale.

La frana è formata da un accumulo ricco in matrice marnosa con clasti di dimensioni da centimetriche a decimetriche accompagnati in alcuni casi da blocchi maggiori, eventualmente prodotti dal crollo. La fronte del deposito, dove si è misurato lo spessore, presenta dei ricoprimenti di blocchi e talvolta anche di detrito più fine scivolato dalla superficie del corpo franoso. Questi detriti tappezzano la scarpata frontale e creano una «spiaggia a blocchi» alla base di essa.

L'intenso grado di antropizzazione e la modesta pendenza hanno reso piuttosto stabile l'accumulo franoso; tuttavia la fronte è soggetta a una dinamica attiva che rende instabile tutta la lingua frontale, e pertanto tutto il corpo è suscettibile di subire nuovi spostamenti.

La morfogenesi marina

Da Bocca di Magra a Punta Bianca: la costa è caratterizzata dalla presenza di falesie in roccia nella maggior parte del settore con uno sviluppo verticale maggiore procedendo verso Sud. Esse sono modellate nei metaconglomerati e scisti metarenacei paleozoici, con andamento

all'incirca perpendicolare alla costa e inclinazioni deboli, sia verso Sud che verso nord. Nella rientranza della Carciofaia, le falesie raggiungono soltanto i 2-3 m di altezza, e spesso vengono accompagnate da piccole superfici di abrasione relitte (a quota intorno ai 3 m). Procedendo verso Sud, le falesie raggiungono altezze di oltre 20 m; sono frequenti i crolli costieri ed è notevole la presenza di faglie e fratture che smembrano l'ammasso roccioso e danno luogo a una costa frastagliata. Sono frequenti le grotte di origine marina, ai livelli più bassi delle falesie, causati dall'erosione selettiva delle rocce, favorita dalla fratturazione.

Punta Bianca: formato da uno spettacolare affioramento delle formazioni appartenenti all'Unità di Punta Bianca. Gli strati hanno una direzione NW-SE e immergono verso mare, cioè verso SW.

La parte del promontorio soggetta a crolli presenta alla sua base una importante zona di deposito, tipo scogliera, che rende inattiva la falesia, a causa del progressivo smantellamento dell'affioramento roccioso da parte dell'azione del mare e dei crolli. Il maggior grado di erosione della Punta è dovuto all'attuale ubicazione

relativa, più sporgente verso mare, per cui essa subisce l'azione erosiva del mare in maniera più intensa.

Il resto del promontorio, alle spalle di Punta Bianca s.s. presenta delle superfici spianate, coincidenti con la stratificazione, che potrebbero rappresentare delle superfici di abrasione marina. In questo settore l'attività della falesia viene resa evidente dalla assenza totale di blocchi alla base: essa presenta un taglio limpido che dà luogo a delle scarpate alte da 2 a 10 m.

Da Punta Bianca a Punta Corvo: in questo settore l'abbondanza di fenomeni gravitativi non permette un grande sviluppo di falesie. Alle spalle di Punta Bianca, si trova il deposito della frana de Cala Marola; esso presenta una scarpata di erosione marina a quota di 25 m circa, orlato da un deposito di scivolamento di detrito che forma una «spiaggia a blocchi» che si estende sotto il livello del mare. Nel fondo dell'insenatura di Cala Marola, abbiamo una piccola spiaggia alla base di una scarpata di degradazione in roccia. Procedendo verso Punta Corvo, si segnalano alcune scarpate di degradazione (qualcuna di origine tettonica) in roccia, oblique al versante e estese fino al livello del mare. I rispettivi depositi di versante alla base generano una linea di costa ripida, dominata dalla presenza al piede di detrito di versante, che viene rimaneggiato dal mare. È nota la presenza di diverse grotte marine nei pochi punti dove la roccia si presenta intatta a livello del mare.

Da Punta Corvo a Zezziggiola: questo settore si caratterizza per la presenza di due grosse frane (frane di Punta Corvo e Zezziggiola) e della spiaggia di Punta Corvo. Questa si mostra come un settore concavo di costa dove si depone ghiaia fine e sabbia grossolana. La spiaggia ha una lunghezza di oltre 200 m e una larghezza massima di 25 m; si trova orlata verso l'interno da un deposito a grossi blocchi, prodotto dallo scivolamento superficiale dalle frane retrostanti.

I settori della Zezziggiola e Punta Corvo hanno pendenze alte, legate alle

riattivazioni basali delle frane omonime. La linea di costa è formata da depositi di scivolamento disposti longitudinalmente alla costa, a causa dell'azione del mare che li costringe a adottare questa forma.

Dalla Valle della Marosa alla Groppina: qui si trovano due tipologie di costa; una caratterizzata da falesie in roccia e dominata dalla presenza di rilievi strutturali, e un'altra controllata dalla dinamica gravitativa.

Le falesie in roccia, a SE della Marosa e ai lati della frana del Groppo, vengono determinate dalla presenza di successive scarpate strutturali, presumibilmente corrispondenti a piani di strato con maggiore resistenza all'erosione. Gli strati hanno una direzione subparallela alla cosa e immersioni variabili verso mare. Si trovano grotte marine legate all'erosione preferenziale delle marne e, vicino alla frana del Groppo, le falesie sono accompagnate da depositi gravitativi di crollo e valanghe di detrito.

I tratti controllati dalla presenza di frane, come nelle precedenti zone illustrate, presentano una rottura della pendenza media del corpo di frana, che rappresenta l'azione di scalzamento al piede del mare, orlate dal consueto deposito a blocchi scivolati dalla frana e rielaborati dal mare.

Seno e abitato di Tellaro: il seno di Tellaro è una insenatura a forma di uncino con una piccola spiaggia nella parte più interna; ad est si trova il deposito di frana della Groppina ed a ovest, una falesia calcarea di circa 50 m in alcuni punti. Essa si presenta fortemente fratturata, tramite faglie normali all'incirca parallele alla costa e interessata da dissoluzione carsica soprattutto nelle zone basali (Fig. 6). È nota anche la presenza di una superficie di abrasione relitta, che interrompe la falesia, a quota fra 5 e 10 m s.l.m.. Ancora verso Ovest, dove iniziano le prime case dell'abitato di Tellaro, la falesia diminuisce di altezza (intorno a 25 m) e presenta un maggiore sviluppo di cavità carsiche alla base; nella parte centrale del paese la falesia è totalmente scomparsa e la riva si trova orlata da scogliere artificiali di protezione; Le faglie normali che interessano l'ammasso roccioso e l'intensa carsificazione, inducono a pensare ad un collasso gravitativo del terreno su cui è edificato il borgo.

Conclusioni

La dinamica del versante costiero del Promontorio Orientale del Golfo della Spezia, è funzione dell'interazione fra la tettonica, la gravità, il carsismo ed il moto ondoso. Le morfologie risultanti vengono definite dal grado di prevalenza di un agente su un altro.

La tettonica distensiva che ha agito durante il Pliocene superiore-Quaternario (Federici, 1980) si manifesta in questo settore attraverso una grossa faglia normale con direzione NW-SE ad alto angolo, responsabile del ripido profilo della costa e dell'esistenza di grossi scivolamenti in roccia lungo tutto il versante. Nel caso della frana della Zezziggiola, dove la presenza della faglia è più evidente, il meccanismo di scivolamento in roccia sembra intimamente legato al movimento di essa. In certi casi, come è stato proposto da Baldacci, Petresi, Serani

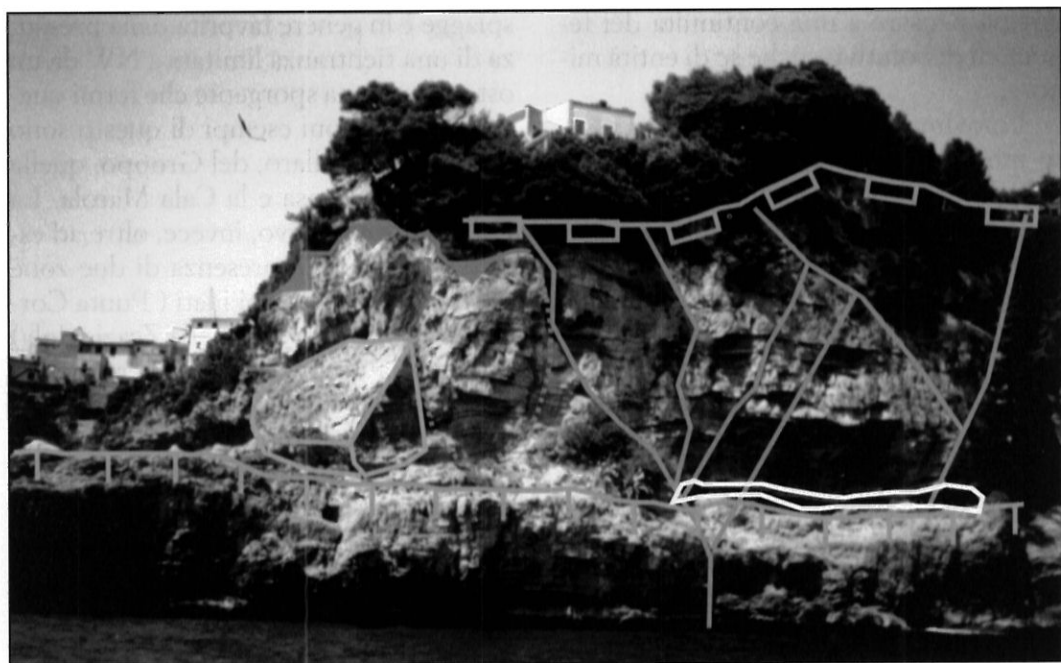



FIGURA 6 – *Falesia del Seno di Tellaro. Con linee tratteggiate fini è segnata la rete di fratture normali. Si osserva la presenza di crolli presumibilmente legati alle fratture. All'altezza di circa 3 m s.l.m. si trova una piattaforma di abrasione relitta sulla quale si osserva la presenza di cavità carsiche.*

e Trivellini (1996) l'evoluzione dei versanti si produce attraverso meccanismi di movimenti gravitativi analoghi a quelli della tettonica distensiva, e si verificano dove le superfici di faglia intersecano la topografia, originando così lo spostamento verso il basso di enormi masse di roccia. Talvolta le faglie a basso angolo della fase tettonica D_3 vengono intersecate da le faglie della D_4, lasciando del materiale in situazione di instabilità.

Un notevole ruolo è stato sostenuto dal carsismo. Esso si presenta anche collegato sia alla tettonica (Federici P.R. e Raggi G., 1975), che ai processi di versante; le forme più sviluppate si trovano lungo la linea di crinale, seguendo l'andamento all'incirca della faglia; essa, in un momento posteriore allo sviluppo del carsismo le ha tagliate e successivamente si sono formati i versanti franosi. Dal punto di vista della datazione relativa dei fenomeni distinti, appare chiaro che il carsismo sia il più vecchio di tutti; tuttavia, non si può dire che esso non abbia continuato ad agire dopo l'attività della faglia e la formazione delle frane; la presenza di forme carsiche epigee minori (es: *microkarren*) su superfici esposte solo dopo lo spostamento della faglia, in-

duce a pensare a una continuità dei fenomeni dissolutivi, anche se di entità minore.

I movimenti gravitativi, oltre ad essere innescati dalla tettonica distensiva e dall'alto grado di frantumazione causato dalle fasi tettoniche, hanno un'origine legata alla degradazione dei materiali calcarei e marnosi per dissoluzione carsica. Gli ammassi rocciosi, in superficie e in profondità si trovano smembrati e poco consistenti, in corrispondenza di cavità sotterranee, collassi di doline e grotte; questo, unito alla disposizione a reggipoggio degli strati e all'intensa fatturazione, rendono il terreno molto suscettibili al franamento.

I versanti franati vengono interessati al loro piede dall'azione del mare. Si osserva alla base lo sviluppo di fenomeni gravitativi secondari innescati dallo scalzamento al piede che subiscono i depositi di frana. Per questo, la maggior parte della costa è formata da versanti di detrito, molto instabili e orlata da depositi di blocchi che sottraggono terreno in diversi punti alle spiagge e alle falesie. L'azione del mare dominata dai venti di SW (Libeccio) e SE (Scirocco) crea una situazione permanente di instabilità alla base dei versanti. Il vento di Scirocco è il responsabile della deriva litoranea, visto che in pratica è parallelo alla costa; pertanto nel Seno di Tellaro giunge del carico solido portato dal Fiume Magra, come evidenziato da Leoni et. al. (1992) che rilevano le alluvioni attuali del Magra sulla piattaforma fino l'isobata di 50 m. Questa deriva ridistribuisce soprattutto il materiale trasportato dal Libeccio lungo costa. Perciò la formazione di spiagge è in genere favorita dalla presenza di una rientranza limitata a NW da un ostacolo o zona sporgente che fermi questa deriva. Buoni esempi di questo sono le spiagge di Tellaro, del Groppo, quella a SE della Marosa e la Cala Marola. La Cala di Punta Corvo, invece, oltre ad essere favorita dalla presenza di due zone sporgenti da entrambi i lati (Punta Corvo e versante convesso della Zezziggiola) presenta la particolarità di avere un deposito molto più sviluppato del resto delle spiagge di tutta la zona. Tenendo presenti le caratteristiche del versante retrostante la spiaggia, formato da un deposito sciolto ma di forma concava, si ipotizza che la zona presenti un grado di frantumazione della roccia molto più elevato rispetto alle altre, forse legato a un collasso di origine carsica, per cui i depositi di frana sono diventati un serbatoio che rifornisce di abbondante materiale la spiaggia.

Con riguardo alle zone dove si sono sviluppate falesie in roccia si pensa a vari fattori responsabili; da una parte esse si trovano, in genere, con una orientazione NE-SW per cui le aggressive onde di Libeccio le interessano in maniera indiretta. La localizzazione di queste falesie, spesso è coincidente con dei rilievi strutturali (es: bancate con maggiore resistenza all'erosione) che, in corrispondenza del mare generano falesie e verso l'alto danno luogo a scarpate di degradazione e talvolta nicchie di frana. In base alle differenze note nel grado di frantumazione degli ammassi, si può dire che esistono zone deboli, come la Cala di Punta Corvo, altamente smembrate, che suggeriscono la presenza di qualche li-

neazione tettonica, e zone dove lo sviluppo di falesie fa pensare a una maggiore resistenza degli ammassi e/o a una minore esposizione alla forza del mare.

Riassumendo, per quel che riguarda la cronologia di sviluppo delle forme cartografate, essa appare evidente in senso relativo, mentre in senso assoluto possono essere soltanto inquadrate in ampie fasce temporali.

Lo sviluppo di ampie forme carsiche si è rilevato come il fenomeno più antico di tutti quelli descritti nella cartografia, poiché viene intersecato dalle faglie dirette parallele alla costa. Queste forme carsiche sommitali presentano caratteristiche di carsismo tropicale, con morfologie tipo *cockpit*, e sono secondo Piccini (1997) ascrivibili alle prime fasi di messa a nudo delle formazioni carbonatiche, ovvero alla fine del Miocene.

Il massiccio ha, quindi, subito un importante sollevamento e alla fine del Pliocene si verificano i primi movimenti distensivi (che saranno attivi durante tutto l'Oligocene) (Federici e Raggi, 1975); i loro piani hanno, successivamente funzionato come piani di scivolamento dei fenomeni tettonico-gravitativi che interessano tutto il versante costiero del Promontorio. In assenza di dati più precissi, l'età di queste frane rimane circoscritta a un ampio intervallo. Le loro riattivazioni (corpi di frana minori più vicini al livello del mare attuale) sembrano legati alla azione scalzante del mare e, potrebbe indicare che si sono formate in un momento di risalita del mare, ovvero quando il mare, risalendo, è arrivato alla base della falesia, cioè all'isobata di 10 m; secondo la curva eustatica di Alessio et. Al. (1934), questo livello del mare si è raggiunto circa 7-6.000 anni BP. Chelli e Tellini, nel 2001, trovarono un tronco all'interno di un deposito di versante che a sua volta è sigillato dalla frana della Marosa. Lui applicò la datazione ^{14}C sul legno ottenendo un'età medioevale per questo deposito di versante. Questo ci permette dire che il deposito di versante della Marosa si è formata dopo del medioevo, almeno il suo corpo principale, ma non ci da una data per la formazione della frana, ne ci permette estrapolarlo alle altre frane dell'area. Chelli scrive che questo intenso sviluppo di frane può essere relazionato con un periodo freddo e umido del Basso Medioevo (V-VIII sec. AD). Questo risultato non è del tutto in disaccordo con l'ipotesi elaborata prima. Comunque sia, l'argomento della cronologia assoluta delle forme del Promontorio rimane aperto a nuove indagini che mettano in luce date più precise.

Bibliografia

BALDACCI F., PETRESI A., SERANI A., TRIVELLINI M., (1996), *Le paleofrane nelle valli dei fiumi Magra – Vara (Appennino Ligure – Toscano) e loro implicazioni morfo-neotettoniche (nota preliminare)*, Atti Soc. Tosc. Sci. Nat., Mem., Serie A, vol. 103, pp. 209- 222.

CAROSI R., MONTOMOLI C., PERTUSATI P.C., (1994), *Zone di taglio nel Dominio Toscano Interno (Appennino Settentrionale)*, Atti Soc. Tosc. Sci. Nat., Mem., Serie A, 101, pp. 187-200.

CHELLI A., TELLINI C., (2001), *Scree slope deposits during a cold-damp climatic phase in the early middle ages in the gulf of La Spezia (Liguria, Italy)*, Geogr. Fis. Dinam. Quat., vol. 24, pp. 25-28.

CHELLI A., (2001?), *Le frane di roccia di Punta Corvo – Tellaro (Promontorio Orientale del golfo della Spezia)* – C.N.R. – Gruppo Nazionale per la Difesa dalle Catastrofi Idrogeologiche, linea 2 "Previsione e prevenzione di eventi franosi a grande rischio", Pubbl. n. 2202, U.O. 13 (Resp. Prof. P.R. Federici).

FEDERICI P.R., SCALA F., (1969), *Deposito quaternario con " A. Islandica" sulla piattaforma continentale del Mar Ligure e considerazioni sull'età delle fasi tettoniche tardive nell'Appennino Settentrionale*, Boll. Soc. Geol. It., vol. 88, pp. 527-535 .

FEDERICI P.R., ELTER P., (1964), *Sulla presenza di terreni attribuibili al Trias medio nel Promontorio Orientale del golfo della Spezia*, Boll. Soc. Geol. It., 83, 395-402.

FEDERICI P.R., (1980), *Note illustrative della neotettonica del Foglio 95 – La Spezia e del margine meridionale del Foglio 84 – Pontremoli*, Contributi preliminari alla realizzazione della Carta Neotettonica d'Italia, Pubbl. n. 356 del Proietto Finalizzato Geodinamica.

FEDERICI P.R. e RAGGI G., (1975), *Una nuova interpretazione della tettonica dei monti della Spezia*, Boll. Soc. Geol. It., vol. 9, pp. 945-960.

FEDERICI P.R., (1987), *Uno sguardo alla struttura e alla morfologia del Golfo della Spezia*, Quaderni Ist. Geol. Univ. Genova, anno 8, n. 5, pp. 293-306.

FEDERICI P.R., (1992), *Il Golfo della Spezia*, Atti preparatori del XXVI Congresso Geografico Italiano (Genova, 4-9 maggio, 1992), Associazione dei Geografi Italiani, pp. 215-228.

LEONI L., SARTORI F., BATISTONI A., CORTOPASSI P., (1992), *Contributo allo studio del trasporto e della distribuzione dei sedimenti recenti nell'Alto Tirreno-Mar Ligure (Bacino compresso fra La Spezia e Livorno): dati granulometrici, mineralogici e chimici*, Atti Società Toscana di Scienze Naturali, Memorie, Serie A, 99, pp 109-151.

STORTI F., (1995), *Tectonics of the Punta Bianca Promontory: Insights for the evolution of the Nothern Appennines-Nothern Tyrrenian Sea basin*, Tectonics, vol. 14, pp. 832-847.

Bollettino dell'A.I.C., n. 121-122 / 2004

RIFLESSIONI SUGLI ASPETTI CARTOGRAFICI DI UN SISTEMA GIS INTEGRATO SULLA LAGUNA VENETA

NOTES OVER CARTOGRAPHIC ISSUES OF AN INTEGRATED GIS FOR THE LAGOON OF VENICE

Alberta Bianchin (*)

(*) Laboratorio GEDDeS, IUAV-DP, Ca' Tron, S.Croce 1957, 30135 Venezia, tel. 041.2572300, fax 041.5240403. e-mail: *alberta@iuav.it*.

Riassunto

L'importanza dei fenomeni dinamici nell'ecosistema lagunare ha portato a concepire e realizzare un prototipo di sistema informatico geografico che integra le potenzialità del Gis in quanto strumento di gestione e rappresentazione dei dati spaziali con quelle di modelli matematici e di automi cellulari per il trattamento di dati spazio- temporali. Si tratta di una struttura modulare basata sull'autonomia di ogni ambiente di lavoro, dove il flusso dei dati dal Gis ai modelli dinamici e viceversa viene assicurato da procedure di scambio appositamente sviluppate. Grazie all'interoperabilità il modulo Gis diventa lo strumento per rappresentazioni multi- livello e la base per lo sviluppo di un ambiente cartografico di lavoro.

Parole chiave: interoperabilità, modelli dinamici, Gis.

Abstract

The relevance of dynamic phenomena in lagoon ecosystems has led to the conception of a prototype of geographic information system which integrates Gis potentials of spatial data representation and processing with those of mathematical and cellular automata models for the spatio-temporal treatment of data. It is a modular framework which preserves the autonomy of each processing environment, while procedures for data exchange are developed which enable data flow in both directions: from Gis to models and from models to Gis. Thanks to the interoperability, the Gis module becomes the tool for multi- level representations. It displays potentials for developing a working environment designed for the production of cartography.

Contesto del lavoro

Il tema qui affrontato, sviluppato nell'ambito di una ricerca MURST (Ministero dell'Università e della Ricerca Scientifica e Tecnologica) - Sistema Lagunare Veneziano è quello di costruire un prototipo Gis per la Laguna di Vene-

zia. Ciò ha comportato una riflessione generale sulle caratteristiche che un tale sistema dovrebbe avere in relazione evidentemente ai fenomeni più importanti che si presentano in Laguna e alle finalità di gestione di tali fenomeni. Questa riflessione ha individuato nel controllo dell'inquinamento dell'ecosistema lagunare l'obbiettivo globale del nostro progetto di Gis e definito uno schema di lavoro che raggruppa i dati da organizzare nel sistema in tre sotto sistemi: il sistema antropico, il sistema naturale e il sistema laguna (tav.1).

Una tale lista descrittiva necessita per essere introdotta nel Gis di due ulteriori fasi di analisi: la descrizione dei dati secondo uno schema che tenga conto per ogni tipologia di dato del metodo di acquisizione del dato stesso e della sua significatività e la trascrizione di tale schema in quello che N. Chrisman (1997) chiama *measurement framework*.

La seconda fase richiede la definizione delle scale di misura significative per quel dato, come sappiamo, nominali, ad intervalli o continue, e questo per le tre variabili dell'informazione geografica tema, spazio, tempo.

L'analisi dei dati ci ha ben presto portato alla constatazione che l'insieme del sistema non poteva essere trattato secondo lo schema cartografico, ovvero tempo fisso, tema controllato (la legenda) e spazio misurato (il riporto geometrico degli oggetti sul piano cartografico). Infatti la natura dinamica di fenomeni come correnti, maree, ma poi anche diffusione degli inquinanti provenienti da varie fonti di immissione, richiedevano un diverso *measurament framework* nel quale la variabile tempo non poteva essere assunto come fisso pena la perdita di significato del dato stesso.

Quindi si doveva tener conto della diversa tipologia di dati e individuare strumenti in grado di gestire queste diverse strutture dell'informazione geografica. Si è pensato a una soluzione di tipo modulare nella quale:

1) i vari ambienti di lavoro sono nettamente separati
2) il Gis svolge un ruolo di perno intorno a cui si articolano gli altri moduli,
3) la comunicazione tra i vari moduli avviene attraverso un *set* di protocolli di scambio.

Sul *measurement framework*

Apriamo una parentesi. Per capire il problema è necessario partire dalla definizione di Informazione geografica, definita come una entità caratterizzata da tre variabili indissociabili tema, spazio, tempo. Prendiamo come esempio l'altezza di marea (tema) alle ore 12 del giorno X (tempo), misurata nella stazione di Punta della Salute (spazio). Se noi vogliamo rappresentare questa informazione geografica dobbiamo fare delle scelte, riducibili a questo schema concettuale: una variabile viene fissata, una seconda controllata, una terza misurata. Vediamo le varie alternative: fisso il tempo (ore 12 del giorno X), controllo, nel senso di avere solo un numero definito di possibili posizioni, lo spazio ovvero vengono fissati su una carta i punti in cui vi sono le stazioni di rilevamento, e misuro in quei punti il valore dell'altezza della marea.

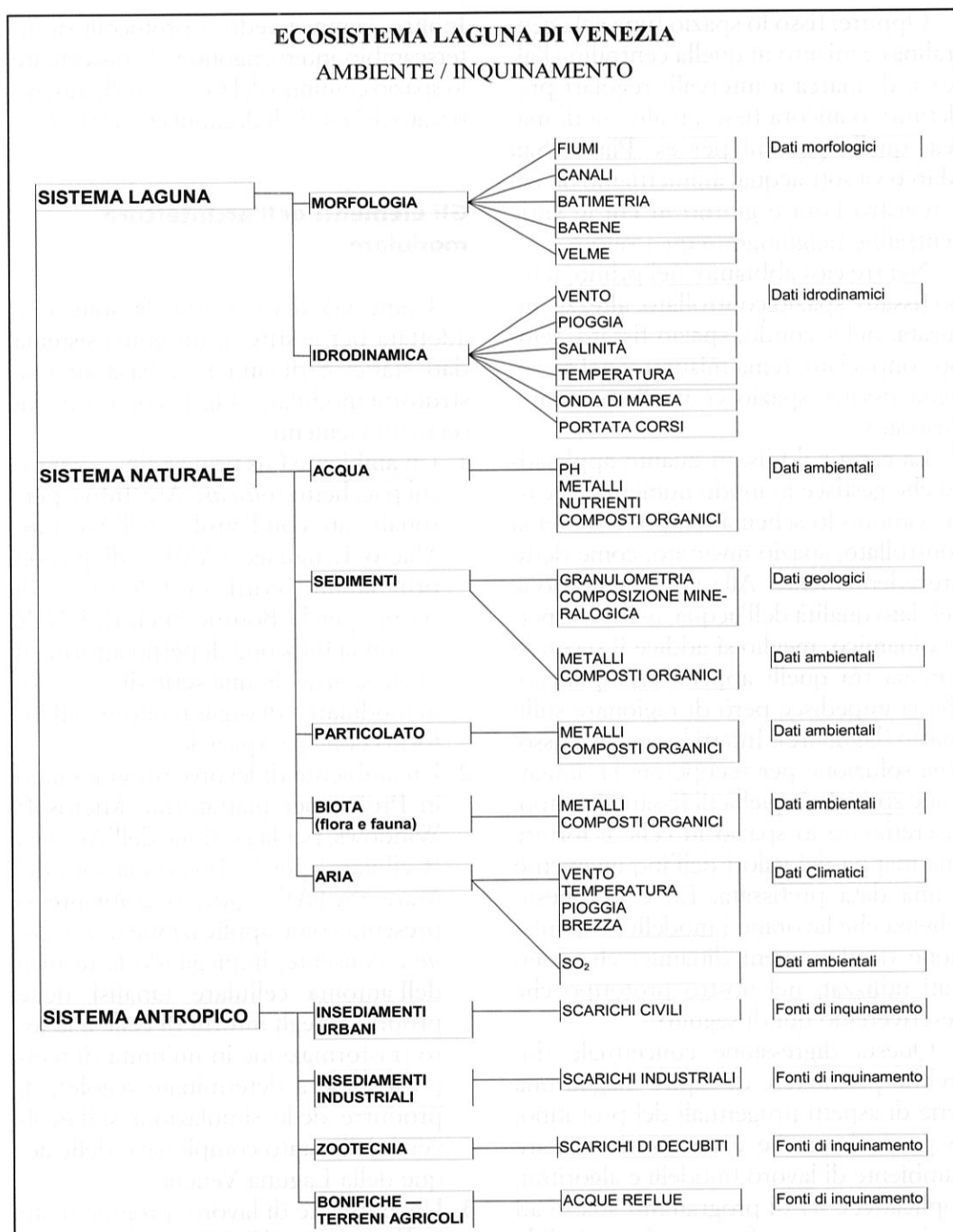



TAVOLA 1 – Analisi dell'ecosistema lagunare.

Oppure: fisso lo spazio (una sola centralina) e misuro in quella centralina l'altezza di marea a intervalli regolari predefiniti; o ancora fisso un'altezza di marea, quella per cui per es. Piazza San Marco va sott'acqua, ammettiamo 80 cm e registro l'ora e giorno in cui le varie centraline raggiungono quel valore.

Nei tre casi abbiamo: nel primo, tempo fissato, spazio controllato, altezza misurata; nel secondo, spazio fissato, tempo controllato, tema misurato; nel terzo, tema fissato, spazio controllato, tempo misurato.

La carta e il Gis, in quanto applicativo che gestisce in modo numerico la carta seguono lo schema tempo fisso, tema controllato, spazio misurato, come detto precedentemente. Alla rappresentazione del dato qualità dell'acqua, nel suo aspetto dinamico, meglio si addice il secondo schema tra quelli appena esemplificati, che ci impedisce però di ragionare sullo spazio (lagunare). Infatti lo spazio è fisso. Una soluzione per recuperare la dimensione spaziale è quella di fissare il tempo, discretizzare lo spazio in celle e fornire una mappa dei valori dell'inquinamento a una data prefissata. Ed è su questo schema che lavorano i modelli di simulazione dei fenomeni dinamici che sono stati utilizzati nel nostro prototipo che descriveremo qui di seguito.

Questa digressione concettuale dovrebbe permettere di capire meglio una serie di aspetti progettuali del prototipo, in particolare: che è necessario trovare l'ambiente di lavoro (modelli e algoritmi, applicativi e *set* di programmi) adatto ad ogni *measurament framework* e quindi la necessità di ambienti di lavoro separati. Inoltre, come si vedrà i protocolli di interscambio intervengono nel trasformare lo spazio continuo del Gis in quello discretizzato dei modelli di simulazione (*raster*).

Gli elementi dell'architettura modulare

Come già detto sopra, la soluzione adottata per gestire in un unico sistema dati statici e dinamici, si basa su una struttura modulare (Fig.1) composta dai seguenti elementi:

1. Un ambiente Gis principale — basato sul pacchetto *software* Arc/Info e personalizzato con l'ausilio dell'Arc/Info Macro Language (AML), di piccoli programmi scritti in C/C++ e di scripts per la Bourne Shell di UNIX — con la funzione di perno attorno al quale si articola una serie di estensioni modulari e di organizzatore dell'informazione geospaziale.
2. Un ambiente di lavoro, programmato in Prolog per piattaforme Microsoft Windows, per la gestione dell'Automa [Cellulare] per le Trasformazioni del Mare (SeTA)". Questo ambiente si presenta come applicazione *stand-alone* e consente, impiegando la tecnica dell'automa cellulare (analisi delle proprietà degli intorni di celle e la loro trasformazione in un'unità di tempo in base a determinate regole), di produrre delle simulazioni sull'evolversi dello stato complessivo delle acque della Laguna Veneta.
3. Un ambiente di lavoro, programmato in Fortran per UNIX, per la gestione di un Modello Tridimensionale a Dif-

FIGURA 1 – *L'architettura modulare del Gis integrato.*

ferenze Finite dell'Eutrofizzazione della Qualità dell'Acqua nella Laguna Veneta. Questa implementazione del modello consente di produrre delle simulazioni dell'evolversi delle concentrazioni di sostanze responsabili del fenomeno dell'eutrofizzazione e della crescita di macroalghe.

4. Un'interfaccia utente a riga di comando, basata sull'interfaccia utente di Arc/Info personalizzata con le tecniche descritte sopra, con il compito di agevolare le operazioni di interrogazione delle simulazioni prodotte dall'automa e dal modello e ponderate con l'ausilio di analisi incrociate tra simulazioni e altri dati presenti nel Gis.

La peculiarità di questo prototipo risiede sull'opzione di integrare le potenzialità prevalentemente di natura spazia-

le di un Gis con le potenzialità della modellistica di fenomeni dinamici.

L'integrazione tra i due ambienti di lavoro periferici e quello principale è stata realizzata tramite il principio della condivisione dei dati, mentre il modulo principale condivide con l'interfaccia utente le procedure.

Questa struttura è stata concepita in modo da poter essere, in futuro, esteso ad ulteriori moduli con funzioni specifiche.

L'ambiente Gis

Il Gis si presenta come l'ambiente più adatto per gestire questo flusso bidirezionale di informazioni, che devono essere inserite, per loro natura, in un contesto spaziale. Presenta una serie di caratteristiche essenziali per la gestione e il processamento dei dati, in particolare:

- capacità di archiviazione di grandi moli di dati descritti con esaustività nella loro componente spaziale;
- interrogazione spaziale, e non, sulla presenza, localizzazione e caratteristiche degli oggetti territoriali;
- interazione con l'utente per la formulazione di *queries*, elaborazione di dati, spaziali e non, accessibilità al *database*.

Oltre queste caratteristiche relative alla gestione ed elaborazione dei dati spaziali digitali, il Gis contempla tutta una serie di funzioni di visualizzazione e di stampa attraverso le quali è possibile produrre cartografia. La grande possibilità di scelta dell'informazione geografica da rappresentare e di tutte le possibili combinazioni di *layer* sovrapponibili lo

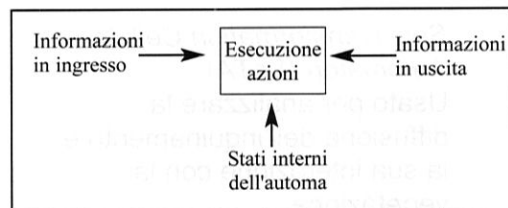



FIGURA 2 – *Schema di funzionamento di un automa.*

rende uno strumento di multi-rappresentazione molto versatile.

Modelli di simulazione di dispersione di sostanze inquinanti in laguna basati sugli Automi cellulari

Gli automi cellulari sono una tecnica di descrizione e simulazione di fenomeni dinamici che evolvono nel tempo e nello spazio. Gli automi costituiscono un tentativo di descrivere le dinamiche di sviluppo di un fenomeno in una forma più «naturale», attraverso una formulazione «locale» contrapposta alla tradizionale formulazione «globale» dei modelli basati su sistemi di equazioni.

Un automa (Fig.2) può essere così formalizzato:

- un insieme di informazioni in **ingresso**;
- un insieme di informazioni o comportamenti in **uscita**;
- un insieme di **stati interni**.

Le **regole** stabiliscono le relazioni tra ingressi, stati interni e uscite.

Nel nostro caso si tratta di simulare la variazione di concentrazione di una sostanza (ad esempio la salinità) o di una specie vegetativa nel tempo, attraverso la relazione con altri fattori, quali

la velocità dell'acqua e la morfologia del bacino. L'esecuzione di un modello (automa cellulare) di questo tipo consiste nella trasformazione di uno scenario di concentrazione di sostanza per opera delle regole di trasformazione, per un dato numero di cicli – o passi – e nella visualizzazione tramite una opportuna interfaccia grafica di tale trasformazione. L'analisi dei complessi fenomeni che intervengono nella dinamica lagunare ha portato a individuare tre tipi di fenomeni modellizzati con tre diversi automi.

- Il primo tipo di modelli riguarda la **dispersione di sostanze** (avvezione o diffusione) in un bacino ad opera dell'idrodinamica. I modelli si basano sostanzialmente su formule di bilancio tra le celle per determinare le variazioni di concentrazione della sostanza. La scala temporale di studio del fenomeno è quella giornaliera.
- Un secondo tipo riguarda **fenomeni di interazione** tra sostanze inquinanti e la vegetazione presente nel bacino lagunare. In questo caso fattori importanti nella modellazione del fenomeno sono il rilascio ed assorbimento di sostanza da parte della vegetazione, che vengono trattati con un approccio stocastico-euristico. La scala temporale di studio ed evoluzione del fenomeno e' qui stagionale (cioè una simulazione si intende riferita ad un arco temporale di uno o più mesi).
- Un terzo tipo riguarda fenomeni di **interazione spaziale** tra gli elementi del sedimento, dell'acqua e dell'aria. In questo caso vengono simulati alcuni dei processi di scambio e trasformazione di sostanze organiche ed inorganiche tra gli elementi, nella zona che va dal sedimento all'atmosfera (cioè la colonna verticale sedimento-acqua-atmosfera). Anche qui la scala temporale di studio ed evoluzione del fenomeno e' stagionale.

Questo lavoro ha comportato in una prima fase la formalizzazione teorica dei tre tipi di modelli, definendone tutte le componenti in gioco e i tipi di interazione; in una seconda fase sono stati sviluppati ed utilizzati i programmi necessari alla implementazione di questi modelli: SeTA (*Sea in Transformation Automaton*).

SeTA è stato interfacciato con il sistema Gis (Arc/Info) mediante la scrittura di un apposito modulo di conversione dei dati tra i due sistemi.

Il Gis fornisce infatti le informazioni

FIGURA 3 – *Esecuzione dell'automa.*

ESECUZIONE DELL' AUTOMA

- Un automa cellulare può essere visto come una matrice di celle quadrate che evolvono in un tempo immaginario.
- Ad ogni istante ciascuna cella si trova in uno stato che appartiene ad un insieme finito di stati possibili.
- Ad un dato tempo (t+1) la cella può cambiare stato in base allo stato delle celle del suo intorno, al tempo precedente (t).
- Tale cambiamento viene definito dalle «regole dell'automa» e tiene conto dello stato della cella e da quelli dell'intorno.

iniziali alle simulazioni degli automi; una volta effettuata la simulazione i suoi risultati (in formato numerico o grafico) possono diventare nuovi dati disponibili dell'applicazione Gis, ed essere utilizzati in diversi modi.

Modello tridimensionale alle differenze finite di produttività primaria della Laguna di Venezia

Il modello di simulazione opera nell'ambito della qualità ambientale ed è stato sviluppato presso il Dipartimento di Chimica Fisica dell'Università di Venezia (Dejak e Pecenik, 1987). E' stato progettato ai fini del controllo del livello trofico della Laguna e la gestione delle immissioni di nutrienti e segue l'evoluzione stagionale delle due principali di comunità di produttori primari, quella fitoplanctonica e quella fitobentonica, nella parte centrale delle laguna di Venezia. Tale evoluzione dipende dalla radiazione solare incidente, dalla temperatura dell'acqua e dalla concentrazione di macronutrienti, azoto e fosforo: per questo motivo, è necessario descrivere la dinamica di quindici variabili di stato (Fig. 4) (Solidoro et al., 1997).

Ne risulta un sistema di equazioni differenziali alle derivate parziali, che viene discretizzato secondo uno schema alle differenze finite. Il flusso tra le celle del reticolo è esclusivamente diffusivo: la costante di diffusività comprende però gli effetti dell'agitazione mareale e varia nello spazio in accordo con le caratteristiche idrodinamiche del sito.

Il modello matematico, alle differenze finite, segue l'evoluzione del sistema nello spazio e nel tempo. Nello spazio, la discretizzazione della batimetria lagunare è alquanto accurata, poiché viene usato un passo spaziale orizzontale di 100 metri ed uno verticale di 1 metro. Nel tempo, viene adottato un passo di integrazione di un'ora, che consente di seguire il ciclo giornaliero della fotosintesi.

Il lavoro si è articolato nelle seguenti quattro fasi:

a) esame della tipologia di dati riguardanti i macronutrienti e la densità di produttori primari, planctonici e bentonici, attualmente reperibili presso le banche dati del Consorzio Venezia Nuova (CVN) e della Regione Veneto;
b) estensione all'intero bacino dell'area modellata;
c) definizione dei protocolli per il trasferimento dei dati dal modello al Gis e viceversa;
d) visualizzazione degli scenari evolutivi annuali della produzione fitoplanctonica, fitobentonica e dei livelli di macronutrienti previsti dal modello in base a tre scenari di immissione di nutrienti.

Per ciò che riguarda il punto a), si è messa in evidenza l'insufficienza dei dati puntuali sinora reperiti ai fini di una completa caratterizzazione dell'evoluzione spazio-temporale dell'ecosistema. Infatti, la laguna di Venezia presenta una struttura morfologica complessa, con alternanza di canali e vaste zone poco profonde. Ciò rende particolarmente difficile l'interpolazione spaziale dei dati, poiché zone limitrofe possono ospitare comunità trofiche nettamente diverse. In questa fase, il modello può quindi essere

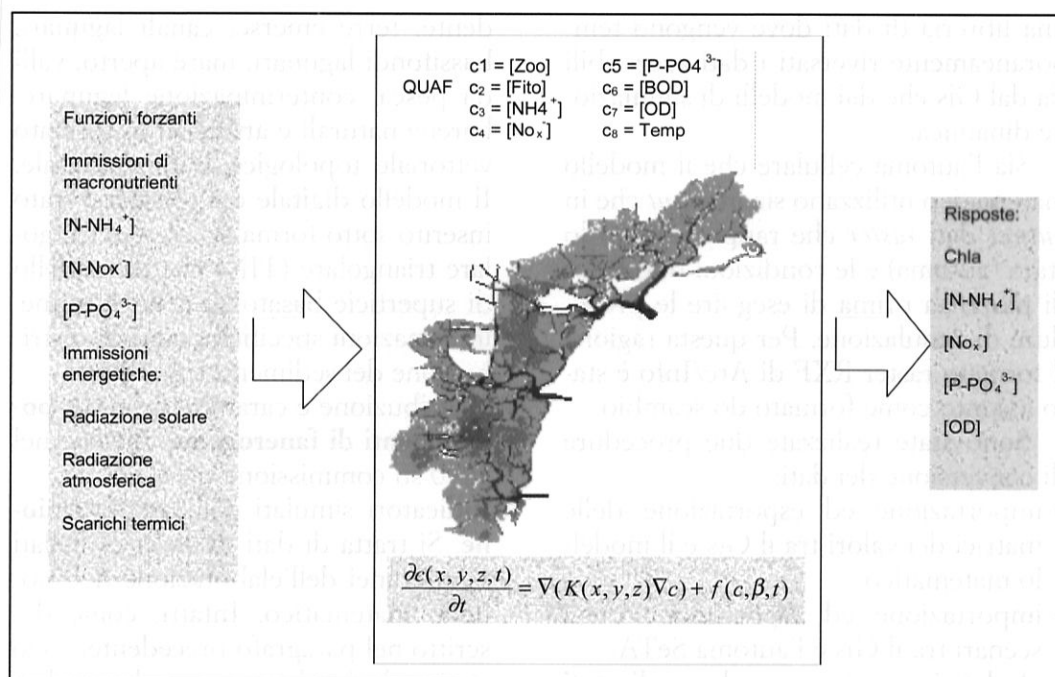



FIGURA 4 – *Funzionamento del modello tridimensionale.*

utilizzato sia per integrare le informazioni puntuali esistenti che per prospettare possibili scenari relativi ad interventi di ripristino.

Per questa ragione, l'area modellata è stata estesa a tutto il bacino lagunare (punto b), mettendo a punto una serie di procedure che permettono l'interscambio dei dati tra ambiente Gis e il modello. Il GIS può infatti essere utilizzato per fornire al modello, ad es. la localizzazione delle immissione di macronutrienti, mentre il modello può fornire al Gis mappe di macronutrienti o di altri indicatori di qualità dell'acqua, come l'Ossigeno Disciolto.

A causa dei tempi di calcolo ancora piuttosto elevati richiesti dal modello, non è pensabile interagire in tempo reale con esso. Si è quindi ricorso alla definizione di scenari di immissioni, costruendo una opportuna libreria di mappe tematiche, (medie annuali, stagionali, valori critici) relative a ciascuno scenario che possono essere richieste dall'utente e sovrapposte con informazioni di altra natura.

L'interfaccia di scambio

La comunicazione tra i vari moduli si basa sul principio della condivisione dei dati realizzata tramite una interfaccia di scambio che comprende delle specifiche procedure per la conversione dei dati e

una libreria di dati dove vengono temporaneamente riversati i dati accessibili sia dal Gis che dai modelli di simulazione dinamica.

Sia l'automa cellulare che il modello matematico utilizzano sia in *input* che in *output* dati *raster* che rappresentano lo stato (automa) e le condizioni (modello) di partenza prima di eseguire le procedure di simulazione. Per questa ragione il formato raster RXF di Arc/Info è stato assunto come formato do scambio.

Sono state realizzate due procedure di conversione dei dati:

- importazione ed esportazione delle matrici dei valori tra il Gis e il modello matematico
- importazione ed esportazione degli scenari tra il Gis e l'automa SeTA.

I dati in uscita riguardano gli **stati** finali delle celle (automa) e le **concentrazioni** di sostanze che caratterizzano l'eutrofizzazione dell'ambiente lagunare (modello). Questi dati costituiscono poi una libreria delle simulazioni nel modulo principale.

Aspetti cartografici

Nel Gis vanno quindi a confluire gli scenari dello stato dell'inquinamento a una certa data provenienti dai modelli di simulazione. E questo potrebbe essere realizzato in tempo reale, una volta superati alcuni problemi di tempo di calcolo. Tempo reale rispetto a una richiesta dell'utente.

Nel Gis si trovano inoltre una serie di banche dati spaziali tra cui:

– La **morfologia** della Laguna comprendente: terre emerse, canali lagunari, bassifondi lagunari, mare aperto, valli da pesca, conterminazione lagunare, barene naturali e artificiali in formato vettoriale topologico bidimensionale. Il modello digitale dei fondali è stato inserito sotto forma sia di rete irregolare triangolare (TIN) che di modello di superficie basato su celle e, infine, informazioni specifiche quali la distribuzione dei sedimenti superficiali.

– Distribuzione e caratteristiche dei **popolamenti di fanerogame**, rilevate nel 1990 su commissione del CVN.

– Indicatori simulati dell'**eutrofizzazione**. Si tratta di dati di *input* o di dati temporanei dell'elaborazione del modello matematico. Infatti, come descritto nel paragrafo precedente, sono stati inclusi nel sistema anche i valori delle concentrazioni di azoto, ossigeno, fosforo, fitoplancton, temperatura e ulva simulate a diverse profondità con tre diversi carichi di nutrienti iniziali e archiviate in passaggi temporali di quindici giorni per un periodo complessivo che va dal 90° al 285° giorno dalla data d'inizio della simulazione.

Oltre a questi si sarebbero potuti introdurre dati relativi alle arginature, toponimi, ecc. tutto ciò che è materializzato permanentemente nella Laguna di Venezia e che ne restituisce la sua immagine «statica».

Se riflettiamo sulla distinzione dati statici e dati dinamici, seppur fermati ad un certo istante, possiamo trovare una analogia con la distinzione fondo cartografico e dati tematici. Una analogia ancora più forte se pensiamo alla loro funzione: il fondo cartografico serve di sup-

porto, ma soprattutto di contesto geografico all'informazione tematica. La scelta del fondo cartografico deve trovare un equilibrio tra la necessità di non ingombrare troppo la lettura-comunicazione dell'informazione tematica, e quella di dare significato, attraverso le relazioni spaziali tra diversi fenomeni geografici, all'informazione tematica.

Un sistema integrato così concepito ha quindi in sé tutti i requisiti di una «bottega del cartografo» nella quale si trova tutta la documentazione di ciò che è conosciuto su quel territorio cosicché secondo le necessità e le finalità il cartografo va a prendersi nel suo archivio questi documenti (database) che gli servono per allestire la sua carta.

Questa ricerca viene poi facilitata in quanto l'utente-cartografo può formulare un'interrogazione sia ai dati del Gis sia alla libreria delle simulazioni in modo da ottenere risposta a quesiti riguardanti situazioni ambientali particolari. Il ruolo del Gis come interfaccia all'intero sistema consente una visione unitaria senza avere conoscenze sugli specifici moduli. Questa condizione lascia spazio allo sviluppo di strumenti di diffusione e ricerca come interfacce web o strutture di metadati che facilitano la consultazione degli archivi di dati.

L'analogia con la bottega del cartografo, fa comunque riflettere su alcune pratiche che tuttavisa il Gis non assolve: ovvero quelle specifiche del mestiere del cartografo che una volta definiti i dati, quelli del fondo cartografico e dei tematismi, deve decidere i segni con cui rappresentarli e risolvere i conflitti grafici che si pongono quando questi segni vengono piazzati sul piano cartografico. E questo lo fa facendo prove e riprove, o alla lunga costruendosi una serie di fondi cartografici con diverse caratteristiche che l'esperienza gli ha mostrato essere utili.

Quindi, un sistema integrato di vari moduli sul principio dell'interoperabilità e la centralità del Gis come interfaccia all'intero sistema, resta una condizione necessaria per costruire questa nuova bottega del cartografo, ma è necessario predisporre alcuni prototipi di cartografia (database cartografici) se si vuole non solo mappare ma produrre carte.

Nota: la ricerca MURST- Sistema Lagunare Veneziano qui esposta è stata condotta da una equipe composta da: A. Bianchin (responsabile scientifico), M. Hedorfer (Gis), R. Pastres (modelli matematici), E. Rinaldi (automi cellulari), D. Schiuma (analisi dei dati).

Bibliografia

ALBA S., (1997), *Applicazione degli automi cellulari per l'analisi territoriale e ambientale: ipotesi di uso in un Gis per aree marino-costiere*. Tesi di Laurea, DAEST-IUAV.

BERGAMASCO A., PIOLA S., DELIGIOS M., (1996), Model Oriented Gis for Marine and Coastal Environmental Applications, *Geographical Information, From Research to Application through Cooperation*, vol. I, Oxford.

BERTIN J., (1981), *La grafica e il trattamento grafico dell'informazione*, ERI, Torino.

BERTIN J., (1967), *Sémiologie graphique*, Mouton /Gauthier- Villars, Paris.

BESUSSI, E. and CECCHINI, A. (eds) (1997), *Artifical Worlds and Urban Studies*, DAEST, Venezia.

Bianchin A., Bergamasco A., Rinaldi E., (1998),

Modelling dispersion phenomena in tidal environments: use of cellular automata in Gis applications, *Gis technologies and their environmental applications*, Computational Mechanism Publications, Southampton.

COUCLELIS H., (1985), Cellular Worlds: A Framework for Modeling Micro-Macro Dynamics, *Environment and Planning A*, 28, 99-109.

CHRISMAN N., (1996), *Exploring Geographic Information System*, Wiley & Sons.

DEJAK C. and PECENIK G., (1987), Special issue: Venice lagoon, *Ecological Modelling*, 37, 1-101.

C. SOLIDORO, V.E. BRANDO, D. FRANCO, R. PASTRES, G. PECENIK and C. DEJAK, (1997), Simulation of the seasonal evolution of macroalgae in the lagoon of Venice, *Environmental Modelling & Assessment* 2 , 65-71.

SUCCI S., (1990), *Automi Cellulari*, F. Angeli, Milano.

TOBLER W. R., (1979), Cellular geography, in S. GALE, G. OLSSON (editors), *Philosophy in geography*, Reidel, Dordrecht.

TOFFOLI T., MARGOLUS N., (1987), *Cellular Automata Machines: A new Environment for Modeling*, The MIT Press, Boston.

WAGNER D.F., (1997), Cellular Automata and Geographic Information Systems, *Environment and Planning B*, 24(2), 219-234.

Bollettino dell'A.I.C., n. 121-122 / 2004

LE ORTOIMMAGINI A SUPPORTO DELLA PIANIFICAZIONE TERRITORIALE: APPLICAZIONI AL PIANO DI TUTELA DELLE ACQUE DELLA REGIONE PIEMONTE

ORTHOIMAGES AS A TOOL FOR LAND PLANNING: AN APPLICATION TO THE REGIONE PIEMONTE'S «WATER CONSERVATION PLAN»

G. Garnero (*), **D. Godone** (*), **E. Benazzo** (**), **A. Penon** (**), **E. Sesia** (***), **S. Vazzola** (***), **M. Ferrarato** (****)

(*) Università di Torino, Dipartimento Economia e Ingegneria Agraria, Forestale e Ambientale (DEIAFA), Via L. Da Vinci 44 - 10095 Grugliasco (TO), tel. 011 6705526, e-mail danilo.godone@unito.it.
(**) ARPA Piemonte, Area Formazione e Informazione, Settore Sistema di Informazione Geografica, Via Sabaudia 164 - 10095 Grugliasco (TO), tel. 011 4028394, e-mail e.benazzo@arpa.piemonte.it.
(***) ARPA Piemonte, Dipartimento Provinciale di Asti, Area Tematica Ciclo dell'Acqua, Piazza Alfieri 33 - 14100 Asti, tel. 0141 390029, s.vazzola@arpa.piemonte.it.
(****) Collaboratore Arpa Piemonte, Via Sabaudia 164 - 10095 Grugliasco (TO), tel. 011 4028394.

Riassunto

Nell'ambito delle indagini del Piano di Tutela delle Acque è stato elaborato e verificato tramite rilevamenti GPS, un ortomosaico a supporto delle analisi ecosistemiche.
Tramite fotointerpretazione di una fascia prospiciente l'alveo sono stati estratti degli indici di naturalità e qualità ambientale.
L'aggregazione di tali indici ha quindi permesso di rappresentare lo stato della risorsa acqua secondo una classificazione basata sul degrado a supporto delle future operazioni di pianificazione territoriale.

Abstract

During the studies of the Water Conservation Plan we have rectified and verified with a GPS survey a mosaic of aerial photograms as a tool for environmental analisys.
Using photointepretation on a buffer of the riverbed we extracted naturality and environmental quality indexes.
The aggregation of these indexes represents the actual health level of the water body with a decay based classification, this will be a useful tool for land planning.

Introduzione

L'attività oggetto del presente articolo è stata svolta nell'ambito della Convenzione «*Integrazione di basi dati territoriali di diversa provenienza finalizzate ad analisi ambientali a livello regionale, subregionale e locale*» stipulata tra ARPA Piemonte e il Dipartimento di Economia e Ingegneria Agraria, Forestale e Ambientale dell'Università degli Studi di Torino, le cui ricadute sono state applicate, a fini istituzionali, nelle strutture tecniche dell'ARPA.

Le conoscenze maturate ed i dati reperiti ai vari livelli degli enti locali (Regione, Provincia, ...) hanno permesso di predisporre basi dati utili all'allestimento degli elaborati relativi al *Piano di Tutela delle Acque*. La collaborazione tra il DEIAFA dell'Università di Torino e le strutture tecniche dell'ARPA Piemonte, Task C201 «*Caratterizzazione ecosistemica*» e Settore Sistema di Informazione Geografica, ha reso possibile l'elaborazione di un ortomosaico su un'area campione, utilizzando i fotogrammi della ripresa aerea regionale «*Alluvione 2000*» predisposta della Regione Piemonte.

L'ortomosaico, dopo opportuna verifica della precisione di georeferenzianzione, è stato utilizzato, tramite fotointerpretazione per l'elaborazione di indicatori di qualità in ambito ecologico - ecosistemico (Griselli et al, 2002) del tratto d'alveo in esame.

Elaborazione dell'ortomosaico

Materiali e metodi

L'area campione è rappresentata da un tratto d'alveo del fiume Tanaro situato tra le province di Asti e Cuneo, in particolare tra le città di Asti ed Alba.

Una volta individuata l'area campione, sono stati definiti i fotogrammi necessari al completo ricoprimento tramite operazioni GIS. I fotogrammi (Garnero et al, 2002), in formato compresso .ECW con fattore di compressione 10, rasterizzati a colori reali a 600 *dpi*, sono stati estratti dall'archivio fornito dal Settore Cartografico della Regione Piemonte per essere sottoposti al processo di ortorettifica. A tale scopo sono stati prodotti due ulteriori elaborati necessari: un estratto della Carta Tecnica Regionale in formato vettoriale della zona di studio ed il modello digitale del terreno con passo 50 metri; tali dati sono stati ricavati rispettivamente dai prodotti *CTR_LT* e *DTM_PIEM*, e convertiti in formati compatibili col programma impiegato per l'elaborazione finale. Il processo di formazione del mosaico è stato effettuato con il software *ER Mapper* della «*Earth Resource Mapping*» e si è articolato in differenti fasi (Fig. 1).

I fotogrammi ricoprenti la zona di studio sono stati prodotti dalle due differenti Ditte che hanno contribuito alla realizzazione della ripresa aerea regionale: questo fatto ha costituito un inconveniente in quanto i fotogrammi presentano evidenti differenze cromatiche, originate dall'impiego di differenti pellicole fotografiche,

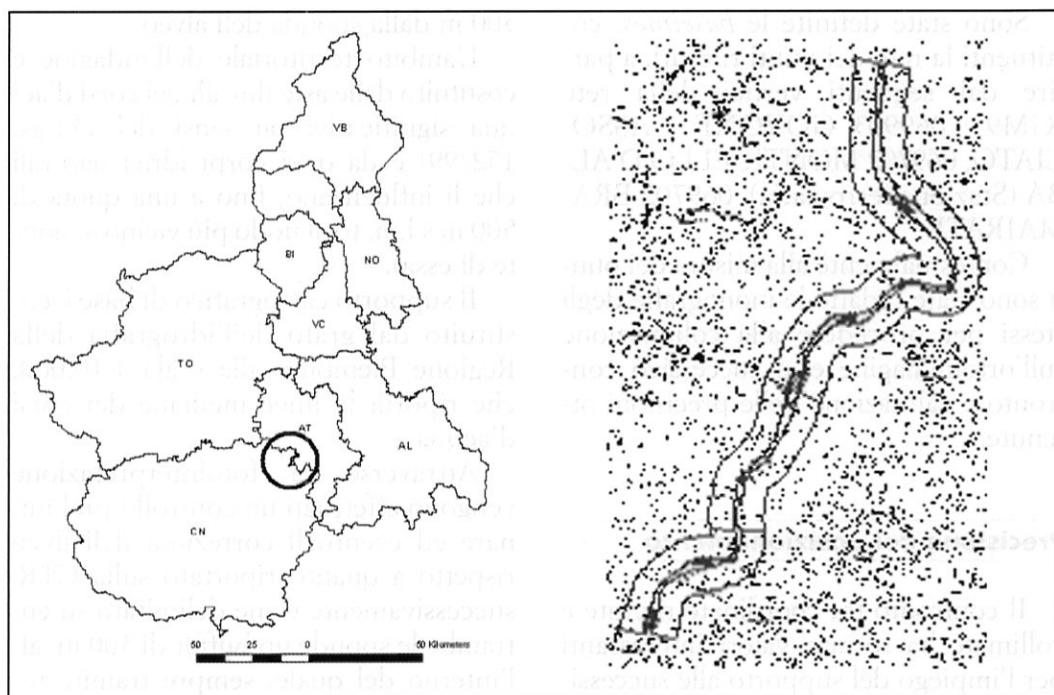



FIGURA 1 – *Zona di studio.*

che hanno richiesto elaborazioni più delicate in fase di mosaicatura.

Per la realizzazione del fotomosaico, dopo le operazioni di introduzione delle coordinate dei *repères* e dei certificati di calibrazione delle singole camere, i fotogrammi sono stati orientati individuando i punti necessari a partire dalla CTR, estraendo l'informazione altimetrica dal Modello Digitale del Terreno. Una volta raggiunto un sufficiente numero di punti collimati con adeguati livelli di precisione, si è proceduto alla fase di ortorettifica con la rimozione del bordo del fotogramma.

L'insieme delle ortoimmagini è quindi stato sottoposto ad una procedura automatica di mosaicatura con correzione e bilanciamento del colore.

Il corretto posizionamento dell'ortomosaico è stato verificato tramite confronto tra coordinate di punti di controllo collimate sull'immagine stessa e le coordinate dei punti medesimi misurate in campagna: per la determinazione delle coordinate dei punti di controllo è stato effettuato un rilievo GPS con metodo statico, con un ricevitore in acquisizione continua posizionato su un vertice della rete IGM95 e un secondo strumento posizionato sui punti da rilevare, con tempo di acquisizione di 20 minuti per ogni base. Entrambi gli strumenti erano dei ricevitori *Geotracer* in doppia frequenza.

Sono state definite le *baselines,* costituenti la rete dei punti rilevati, a partire dai seguenti vertici della rete IGM95: 069903 GOVONE - ASSOCIATO, 069702 MONTICELLO D'ALBA (Stazione ferroviaria), 069702 BRAMAIRATE.

Contestualmente alla misura dei punti sono state redatte le monografie degli stessi per procedere alla collimazione sull'ortoimmagine e al successivo confronto e valutazione delle precisioni ottenute.

Precisione del posizionamento

Il confronto tra coordinate rilevate e collimate ha fornito valori interessanti per l'impiego del supporto alle successive operazioni di fotointerpretazione ed elaborazione degli indici.

	RES_ NORD	RES_ EST	RES_ NORD	RES_ EST
Media	-0,99	-0,25	1,55	2,36
Varianza			0,61	0,43
SQM			0,78	0,66

TABELLA 1 – Risultati.

Applicazioni al Piano di Tutela delle Acque

DEFINIZIONE DEGLI INDICATORI

La metodologia utilizzata (Cirio et al, 2003) prevede una fotointerpretazione delle caratteristiche delle fasce ripariali, prendendo a riferimento una porzione di 300 m dalla sponda dell'alveo.

L'ambito territoriale dell'indagine è costituito dalle aste fluviali dei corsi d'acqua significativi (ai sensi del D.Lgs. 152/99) e da quei corpi idrici naturali che li influenzano, fino a una quota di 500 m s.l.m. (o al nodo più vicino a monte di essa).

Il supporto cartografico di base è costituito dal grafo dell'idrografia della Regione Piemonte alla scala 1:10.000, che riporta le linee mediane dei corsi d'acqua.

Attraverso la fotointerpretazione vengono effettuati un controllo preliminare ed eventuali correzioni dell'alveo rispetto a quanto riportato sulla CTR; successivamente viene delimitato su entrambe le sponde un buffer di 300 m, all'interno del quale, sempre tramite fotointerpretazione, si opera una classificazione secondo le classi individuate per i vari indicatori.

I valori così ottenuti vengono aggregati ed attribuiti a tratti d'asta fluviale di lunghezza pari a circa due chilometri e successivamente associati agli archi del grafo.

Su ogni tratta viene eseguita in sintesi:
1) una valutazione della configurazione dell'alveo;
2) l'analisi delle vegetazione e degli ecosistemi umidi nell'ambiente golenale, valutandone naturalità e varietà di tipologie ecosistemiche;
3) l'analisi dell'efficienza e dell'integrità del filtro costituito dalla vegetazione;
4) gli effetti di pressione antropica delle varie categorie di attività.

È possibile operare una suddivisione degli indicatori: l'indice geomorfologico

(Ig), l'indice vegetazionale (Iv) e l'effetto filtro (Ief) forniscono informazioni sullo stato della risorsa; l'indice di impatto antropico (Iia) e quello di modificazione dell'alveo (Ima) definiscono la pressione cui essa è sottoposta. Tutti gli indicatori sono normalizzati ad una scala con valori tra 0 e 1.

Classe	*Valore*
Alta	> 0.8
Medio alta	0.61 - 0.8
Media	0.41 – 0.6
Medio bassa	0.21 - 0.4
Bassa	≤ 0.2

TABELLA 2 – *Valori degli indici.*

L'indice sintetico di stato e quello di pressione sono ottenuti considerando in parallelo i diversi indicatori e calcolati con le equazioni di seguito riportate; successivamente vengono suddivisi in classi che ne rappresentano l'entità.

$$\text{Indice di Stato} = Ig * 0.2 + Iv * 0.35 + Ief * 0.45$$

$$\text{Indice di Pressione} = Iia * 0.7 + Ima * 0.3$$

L'**indice geomorfologico (Ig)** analizza il grado di naturalità e varietà della configurazione dell'alveo ed è costituito da due sotto indici:

- **Indice naturalità geomorfologica (Ing),** che prende in considerazione gli elementi morfologici indicatori di naturalità della configurazione dell'alveo: isole, meandri, sinuosità, lanche e barre di sedimentazione:

	P
Tratto con più di due elementi di diversità morfologica	10
Tratto con uno o due elementi di diversità morfologica	6
Tratto senza elementi di diversità morfologica	2

TABELLA 3 – *Punteggi di diversità morfologica.*

- **Indice sinuosità (Is)**: il valore di questo indice varia da 1 (sinuosità bassa) a 2 o più (sinuosità elevata), e considera come valore discriminante il rapporto tra la lunghezza reale dell'alveo e la distanza in linea retta tra la sezione di valle e quella di monte del tratto considerato. Per la stima complessiva della naturalità dell'alveo si moltiplicano i due indici parziali: Ig = Ing*Is.

L'**indice vegetazionale (Iv)** analizza, tramite due sottoindici, la funzionalità e la frammentazione degli ecosistemi riparali:

- **Indice di naturalità vegetazionale (Inv)**: valuta il grado di naturalità della vegetazione presente nella fascia di 300 m dalla sponda fluviale, utilizzando le seguenti categorie e relativi punteggi:

	Punteggio
• Superfici forestali • Zone umide	10
• Siepi e fasce arborate	6
• Arbusteti e/o cespuglieti	5
• Formazioni erbacee	4
• Aree nude o coperte da vegetazione molto dispersa	3

TABELLA 4 – *Punteggi di naturalità vegetazionale.*

- **Indice di varietà biotipica (Ivb)**: analizza nella tratta di 2 km la presenza di biotipi complementari dal punto di vista strutturale e funzionale. Il criterio di valutazione è quello di premiare un numero ottimale di elementi naturali, con obiettivo a più lungo termine di disporre per ciascun territorio una rete di biotopi complementari.

	Punteggio
Presenza di almeno 6 elementi	1.3
Presenza di 4 o 5 elementi	1.2
Presenza di 2 o 3 elementi	1.1
Presenza di 1 elemento	1.0

TABELLA 5 – *Punteggi di naturalità vegetazionale.*

L'indice vegetazionale si ottiene infine tramite la seguente formula: Iv = Inv*Ivb.

L'**indice effetto filtro (Ief)** analizza la tipologia delle diverse cenosi vegetali presenti entro 100 metri dalla riva e l'integrità della copertura arborea (Siligardi, 2000).

Tipo di vegetazione nella zona riparia (Tv): tale indicatore attribuisce, attraverso fotointerpretazione, un peso ai popolamenti vegetali presenti nella fascia che costituisce il filtro alle seguenti macrocategorie:
- bosco maturo, compatto e ben sviluppato;
- formazioni arbustive pioniere;
- bosco rado (ovvero con copertura arborea inferiore al 50%) o fascia arborata (o siepe);
- formazioni erbacee, totale o parziale assenza di popolamenti vegetali.

I pesi attribuiti ai diversi tipi di vegetazione naturale sono i seguenti:
- nel caso di formazioni insistenti sulla fascia perifluviale (30m):

Bosco denso	= 10
Bosco rado o fascia arborata (o siepe)	= 8
Arbusteto o cespuglieto	= 7
Vegetazione erbacea naturale	= 2

TABELLA 6 – *Pesi.*

- nel caso di formazioni insistenti sulla fascia esterna (tra 30 e 100 mt) (Tab. 7).

Bosco denso	= 7
Bosco rado o fascia arborata	= 4
Arbusteto o cespuglieto	= 2
Vegetazione erbacea naturale	= 1

TABELLA 7 – *Pesi.*

Viene calcolata la percentuale di copertura delle diverse tipologie rispetto al buffer (rapportando il 100% a 1), la si moltiplica per il peso attribuito alla categoria e si effettua la sommatoria, per entrambe le sponde.

Integrità della vegetazione riparia naturale (Ivr): viene valutata nei primi 30 m e viene presa in considerazione solo la vegetazione arborea (Tab. 8)

Per una valutazione complessiva dell'effetto filtro esercitato dalla vegetazione riparia si moltiplicano i due indici parziali: Ief = Tv*Ivr.

Indice Impatto Antropico (Iia): la valutazione dell'impatto antropico analizza i seguenti aspetti:
- urbanizzazione;

Vegetazione della zona riparia intatta	= 1,5 (copertura arborea tra 100 - 80%)
Vegetazione della zona riparia con qualche interruzione	= 1,4 (copertura arborea tra 79.9 - 60%)
Vegetazione della zona riparia con interruzioni marcate	= 1,3 (copertura arborea tra 59.9 - 30%)
Vegetazione della zona riparia quasi assente	= 1,2 (copertura arborea < 30%)
Vegetazione della zona riparia assente	= 1 (copertura arborea = 0)

TABELLA 8 – *Punteggi di integrità della vegetazione ripariale.*

- industria/zootecnia e attività estrattive;
- vie di comunicazione;
- agricoltura.

I diversi indicatori sono stati valutati sulla base dell'apporto di sostanze inquinanti o responsabili dell'eutrofizzazione delle acque (che possono essere veicolate nel corpo idrico in maniera diffusa, in special modo dalle attività agricole, o puntuale), del rischio potenziale costituito per la risorsa acqua (incidenti) e, infine, sul grado di modificazione ed alterazione rispetto alla «naturalità».

Il valore si ottiene dal prodotto, per ogni poligono tracciato in fase di fotointerpretazione, tra la superficie ponderata, il peso della tipologia di appartenenza e la sua distanza dal corso d'acqua. La sommatoria di questi valori fornisce il valore dell'indice di impatto antropico sul tratto considerato (Tab. 9).

TABELLA 9 – *indicatori di impatto antropico.*

Classe	*Indicatore*	*Peso*
Agricoltura	Coltivazioni intensive	17,2
	Colture legnose	8,8
	Impianti di arboricoltura	6,6
Industria e attività estrattive	Canali artificiali	1,6
	Cave attive	3,7
	Bacini artificiali	0,9
	Depuratore	17,1
	Area industriale – discarica – inceneritore	15,0
	Altre attività produttive	4,3
	Deposito e discarica di inerti	1,1
Urbanizzazione	Area urbana	10,5
	Piccolo aggregato	4,3
	Case sparse	1,3
Vie di comunicazione	Vie di comunicazione principali	5,5
	Vie di comunicazione secondarie	2,1

Indice di modificazione dell'alveo (Ima).

Valuta la naturalità della sezione dell'alveo bagnato, sulla base dell'entità (numero e sviluppo) degli interventi antropici visibili individuando forme artificiali quali sbarramenti, dighe, ponti, difese spondali, prese, ecc. (Tab. 10)

	P
Tratto senza segni antropici evidenti	0,1
Presenza sporadica di interventi antropici	0,3
Presenza rilevante di interventi antropici	0,5
Presenza diffusa di interventi antropici	0,7
Presenza di tratti coperti o di opere trasversali, derivazioni, ecc.	1,0

TABELLA 10 – *Punteggi di modificazione d'alveo.*

La valutazione viene eseguita attribuendo un punteggio alla sezione complessiva del fiume senza articolarla sulle singole sponde.

La valutazione dell'impatto complessivo deriva dall'aggregazione dei risultati finali relativi agli indici sintetici di Pressione e Stato e si basa sull'analisi del livello di sensibilità agli impatti e del pregio del territorio analizzato. Incrociando opportunamente i dati, è possibile individuare:

1. Aree critiche;
2. Aree sensibili (caratterizzate da uno stato alto con pressioni alte o medio-alte);
3. Aree di pregio naturalistico (caratterizzate da uno stato della risorsa alto o medio-alto e da una pressione bassa);
4. Aree compromesse (caratterizzate da uno stato basso e pressioni alte o medio-alte) (Tab. 11 e 12).

Risultati

Il metodo di studio adottato risponde all'esigenza di analizzare tratti fluviali molto estesi (su scala regionale) considerando vari aspetti, quali la presenza di aree naturali o semi-naturali, le dinamiche fluviali e la funzionalità di queste realtà come corridoi ecologici.

Rispetto ai metodi di rilievo puntuale questa metodologia utilizza una differente chiave di lettura del territorio at-

TABELLA 11 – *Matrice di attribuzione del valore di degrado.*

		QUALITÀ DELLO STATO				
		Alto	*Medio - alto*	*Medio*	*Medio - basso*	*Basso*
ENTITÀ DELLE PRESSIONI	Alto	7	8	8	9	10
	Medio – alto	6	7	8	8	9
	Medio	5	6	7	7	8
	Medio – basso	3	4	5	6	7
	Basso	1	2	3	4	5

1	*Assenza di degrado.*
2	*Degrado irrilevante* (situazione pressoché indisturbata).
3	*Degrado basso* (qualità dello stato molto buona e pressioni antropiche di scarsa entità oppure qualità intermedia dello stato delle risorse).
4	*Degrado medio – basso* (pressione antropica medio – bassa che insiste su risorse di buona qualità, e quindi vulnerabili, oppure pressioni irrilevanti, ma qualità dello stato medio bassa).
5	*Degrado medio* (pressione media esercitata su un territorio di qualità molto alta o pressione medio – bassa su territori di media qualità oppure pressione irrilevante ma stato delle risorse molto basso).
6	*Degrado medio – alto* (degrado di una certa entità legato a situazioni di pressione medio – alta esercitate su un territorio di buona qualità, oppure di una pressione non molto rilevante su un territorio di qualità medio – bassa).
7	*Degrado alto*: situazione abbastanza degradata legata a una pressione molto elevata su un territorio di ottima qualità (tendente però velocemente verso il basso) o legata ad una pressione antropica non particolarmente elevata che insiste però su un area già molto compromessa. Tra questi estremi sono presenti alcune situazioni intermedie.
8	*Degrado molto alto*: situazione degradata a causa di una pressione alta che incide su uno stato alto (che però rischia di tendere velocemente verso una riduzione della qualità) o di una pressione di media entità che però insiste su uno stato ormai compromesso.
9	*Degrado estremamente alto*: situazione molto degradata, legato a pressioni antropiche molto rilevanti che hanno consumato molte delle risorse disponibili.
10	*Degrado massimo*: situazione estremamente degradata, legato a pressioni antropiche molto rilevanti che hanno ormai consumato la quasi totalità delle risorse disponibili.

TABELLA 12 – *Classi di degrado.*

traverso la fotointerpretazione, considerando un diverso ambito territoriale e mettendo in relazione la fascia fluviale con la realtà circostante.

Le problematiche emerse riguardano essenzialmente l'efficacia della fotointerpretazione in situazioni che si prestano facilmente ad errori interpretativi, quale il riconoscimento di alcune tipologie di vegetazione.

A tal fine si è provveduto ad effettuare una serie di controlli in campo, il cui esito è stato più che soddisfacente.

L'utilizzo dell'ortomasaico ha probabilmente influenzato i risultati relativi agli indici legati agli aspetti geomorfologici, in quanto la fotointerpretazione non consente, nel caso di copertura delle sponde da parte della vegetazione, di cogliere elementi di estensione o sviluppo molto ridotto (Fig. 2).

Conclusioni

La metodologia presenta risultati soddisfacenti sia dal punto di vista metrico che dal punto di vista applicativo.

L'analisi della precisione del posizionamento fornisce risultati ottimali per applicazioni di tipo tematico mentre la natura del supporto fotogrammetrico

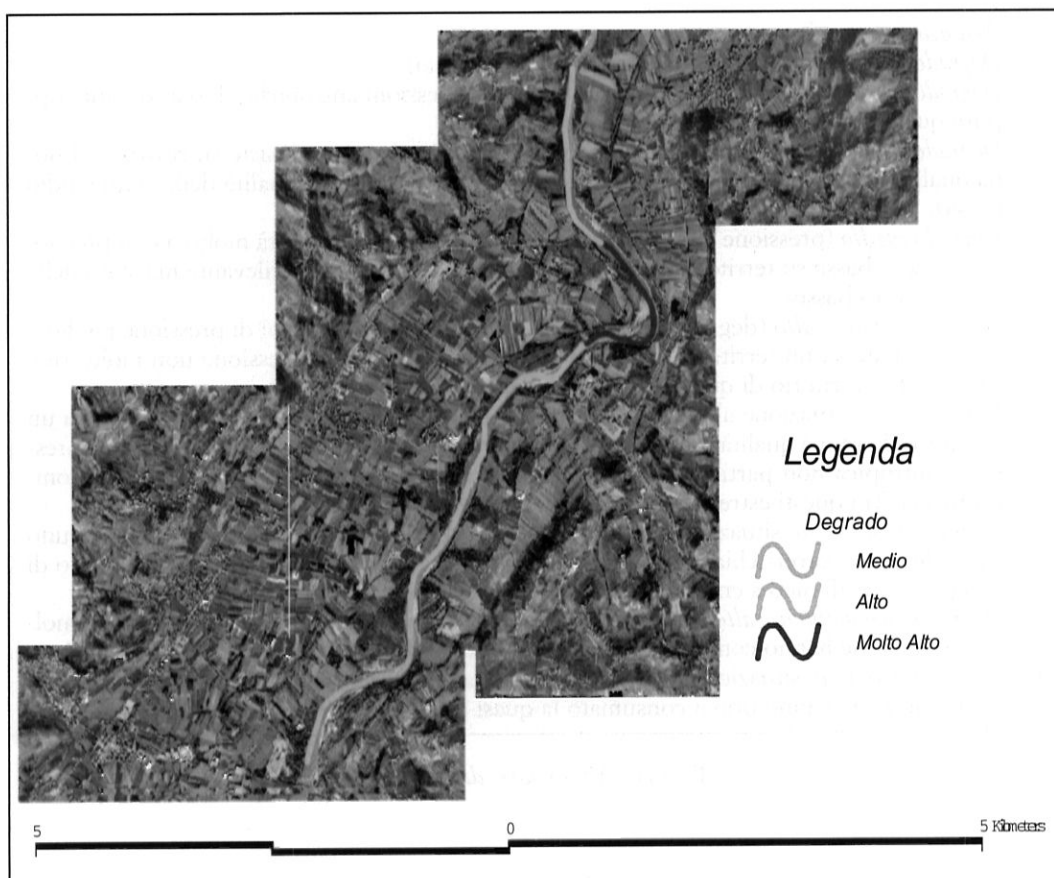



FIGURA 2 – *Rappresentazione del degrado nel tratto d'alveo in esame.*

consente, sia dal punto di vista cromatico che per la risoluzione, un'agevole fotointerpretazione. La natura dei dati e delle informazioni ricavate sono quindi caratterizzate da elevata qualità.

L'estensione della sperimentazione a differenti contesti territoriali consentirà un'ulteriore affinamento nella definizione delle differenti fasi della metodologia.

Bibliografia

SILIGARDI M. (2000),«*I.F.F. indice di funzionalità fluviale*», ANPA

CHIABRANDO R., GARNERO G., GODONE D., (2001), «*Metodologie Fotogrammetriche e di Geodesia Satellitare per la Determinazione del Modello Idraulico*», Atti della V Conferenza Nazionale A.S.I.T.A. (Federazione delle Associazioni Scientifiche per le Informazioni Territoriali e Ambientali) «La qua-

lità nell'Informazione Geografica», Rimini, 9 – 12/10/2001

GRISELLI B., FOGLIATI P., PONSETTI D. (A cura di)(2002), *Studio ecosistemico del tratto piemontese della Dora Baltea mediante l'impiego dell'indice di funzionalità fluviale IFF (valutazioni pre e post alluvione 2000)* (Torino, ARPA Piemonte)

GARNERO G., GIORDANO E., RAO S., (2002), «*La ripresa aerea alluvione 2000 della Regione Piemonte: caratteristiche innovative per la progettazione delle riprese e la gestione dei fotogrammi*» Atti della VI Conferenza A.S.I.T.A., Perugia, 5 – 8/11/2002

CIRIO M., FERRARATO M., VAZZOLA S., OCCELLI C., MAFFIOTTI A., BURATTO S., (2003)«*Metodo per lo screening delle risorse ecosistemiche delle fasce fluviali a supporto della pianificazione*», ARPA Piemonte (Inedito)

LA CARTOGRAFIA DELLE ACQUE NEL PRIMO ATLANTE AMBIENTALE DELLA CAMPANIA 2003

WATER MAPS IN THE FIRST ENVIRONMENTAL ATLAS OF THE CAMPANIA REGION 2003

G. Onorati (*), **T. Di Meo** (**), **F. Giovinazzi** (*), **M. L. Imperatrice** (*), **P. Mainolfi** (*), **F. Scarponi** (*)

(*) Agenzia Regionale per la Protezione Ambientale della Campania - ARPAC, e-mail: *g.onorati@ arpacampania.it.*
(**) Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio-Task Force Ambiente - ARPAC, e-mail: *tommaso.dimeo@tfambiente.it.*

Riassunto

L'Atlante Ambientale della Campania è uno strumento di sintesi della II Relazione sullo Stato dell'Ambiente volto a fornire, in modo diretto e leggibile, le informazioni ambientali legate al territorio. La georeferenziazione dei dati ambientali è infatti ormai il presupposto per qualsiasi analisi territoriale dello stato degli ecosistemi e delle pressioni antropiche sulle risorse naturali. Nell'ottica di politiche mirate ad uno sviluppo sostenibile è pertanto fondamentale disporre di informazioni sull'ambiente che consentano di valutare gli effetti della programmazione. In questo contesto l'Atlante costituisce la sintesi di un percorso, seguito dall'ARPAC, che in due anni ha consentito di realizzare un sistema conoscitivo strutturato per dare a cittadini, tecnici, decisori, il riferimento territoriale sulla situazione ambientale. Nell'Atlante sono riportate 48 carte tematiche di sintesi in scala 1:500.000 della Campania, 15 carte descrivono lo stato delle acque superficiali, sotterranee e marino-costiere, nonché le reti di monitoraggio attivate e le pressioni antropiche sugli ecosistemi. Gli elaborati cartografici sono stati costruiti a partire da oltre 50.000 dati analitici sulla qualità delle acque, tramite un approccio basato sull'integrazione fra competenze cartografiche, ambientali e di diffusione delle informazioni, quindi rappresentano una forma estremamente sintetica ed efficace di comunicazione ambientale.

Parole chiave: Cartografia tematica, Ambiente, Monitoraggio acque.

Abstract

The Environmental Atlas of the Campania Region is a summary of the II State of the Environment Report aiming at the presentation of environmental information about the territory in a direct and easily readable manner. Georeferencing environmental data is the prerequisite for every kind of analysis concerning land use, ecosystems and human pressures on natural resources. The availability of information on the environment, useful for the evaluation of the effects of planning, is very important in the framework of policies devoted to a sustainable development. In this context the Atlas represents the synopsis of a path followed by ARPAC, which in two years realised a knowledge

system created to offer to citizens, experts, stakeholder, the territorial reference about the state of the environment. In the Atlas 48 thematic maps at 1:500.000 scale are included, 15 maps illustrate coastal, surficial and groundwater, as well as the monitoring networks activated and the human pressures on the ecosystems. The cartography has been build up starting from more than 50.000 analytical data concerning water quality, following an approach centred on the integration of cartographic, environmental and communicational skills and hence is a very compact and efficient tool for environmental communication.

Keywords: *Thematic mapping, Environment, Water monitoring.*

Introduzione

L'organizzazione della I Conferenza Regionale sull'Ambiente in Campania, tenutasi il 4, 5 e 6 dicembre 2003 presso la Città della Scienza a Napoli, è stata lo stimolo per curare la pubblicazione di un agile volume, di notevole impatto comunicativo: l'Atlante Ambientale della Campania, ovvero lo strumento di sintesi della II Relazione sullo Stato dell'Ambiente volto a fornire, in modo diretto e leggibile, le informazioni ambientali legate al territorio. La georeferenziazione dei dati ambientali costituisce infatti il presupposto per qualsiasi analisi territoriale dello stato degli ecosistemi e delle pressioni antropiche sulle risorse naturali. Nell'ottica di politiche mirate ad uno sviluppo sostenibile è pertanto fondamentale disporre di informazioni sull'ambiente che consentano di valutare gli effetti della programmazione. Nella consapevolezza che ormai i dati ambientali o sono georeferenziati oppure divengono inutilizzabili, l'Agenzia Regionale per la Protezione Ambientale della Campania (ARPAC) ha realizzato, dal 2001 al 2003, una serie di iniziative per georeferenziare i dati analitici storici disponibili negli archivi, mettere a punto reti di monitoraggio delle acque, formare il personale all'uso di cartografia e GPS; offrire una sintesi cartografica ragionata dei dati ambientali raccolti. In questo contesto l'Atlante costituisce la sintesi di un percorso che in due anni ha consentito di realizzare un sistema conoscitivo strutturato per dare a cittadini, tecnici, decisori, il riferimento territoriale sulla situazione ambientale, in analogia con quanto realizzato nelle regioni tedesche di Amburgo e Berlino, dove già negli anni '90 era disponibile un atlante ambientale. Nell'Atlante sono riportate 48 carte tematiche di sintesi in scala 1:500.000 della Campania, 15 carte descrivono lo stato delle acque superficiali, sotterranee e marino-costiere, nonché le reti di monitoraggio attivate e le pressioni antropiche sugli ecosistemi. Lo schema seguito da ARPAC per l'atlante, è quello della Relazione sullo Stato dell'Ambiente (RSA), basata su determinanti economici, tematiche ambientali e fattori di rischio naturali e antropici. In particolare i determinanti selezionati sono: agricoltura, industria, energia, trasporti, turismo; mentre lee tematiche ambientali sono: aria, suolo, natura e biodiversità, rifiuti, acque marino costiere, acque superficiali e sotterranee, paesaggio, in-

quinamento elettromagnetico, inquinamento acustico, cambiamenti climatici.

Per facilitare il processo di comunicazione e, contemporaneamente, mantenere la valenza scientifica della dimensione spazio / tempo dei fenomeni rappresentati, si sono scelti titoli, legende e tabelle relative agli indicatori, cercando di tradurre in linguaggio corrente, comprensibile al grande pubblico, definizioni normative e termini tecnici. Per ogni tematica ambientale le cartografie sono precedute da una tabella riepilogativa (cfr. Tab. 1), relativa agli indicatori selezionati, con i noti ideogrammi delle «faccine colorate», indicanti lo «stato», e le frecce indicanti i trend, o l'evoluzione nel tempo dell'indicatore. Presentare insieme, in un'unica tabella, l'elenco degli indicatori con lo stato e la tendenza ambientale offre un quadro immediato della situazione ambientale. Nello stesso tempo, si è riportato nell'Atlante il target, o l'obiettivo ambientale, definito per ciascun indicatore presente nella RSA della Campania, utile ad associare, alla lettura di stato e di trend dell'indicatore, una tendenza da perseguire, fissata da una normativa, oppure definita da un criterio di tutela della salute o dell'ecosistema. La tabella che ne è scaturita consente di presentare una matrice ambientale, o un determinante, in modo trasparente rispetto alle scelte di qualità ambientale o di sostenibilità, determinate dalla volontà o dall'inerzia di una amministrazione pubblica.

L'atlante è stato costruito in modo tale da cogliere efficacemente la rappresentazione della sostenibilità nelle sue quattro dimensioni: ambientale, economica, sociale ed istituzionale. Infatti,nel sistema di rappresentazione cartografico, sono state inserite carte di determinanti economici e di vincoli istituzionali, per rappresentare, anche visivamente, la complessità della situazione ambientale della Campania in termini sociali, economici ed istituzionali. Il risultato è evidente: l'atlante consente rapidamente di individuare con semplicità le principali criticità della Campania.

Gli indicatori delle Acque Superficiali e Sotterranee

Nell'illustrare le cartografie tematiche dell'Atlante si riporta innanzitutto, a titolo esemplificativo, la citata tabella degli indicatori prioritari utilizzati (Tab. 1) e, di seguito, si illustrano brevemente le tematiche rappresentate nelle carte.

USI, APPROVVIGIONAMENTO E DISTRIBUZIONE DELLE ACQUE

In attuazione della Legge n. 36/94 «Disposizioni in materia di risorse idriche», finalizzata alla riorganizzazione del sistema dei servizi idrici in Italia, la Regione Campania con L.R. n. 14/97 ha individuato e delimitato quattro Ambiti Territoriali Ottimali (ATO) per la gestione del servizio idrico integrato secondo criteri di efficienza, efficacia ed economicità. Gli ATO sono tutti già insediati: l'ATO «Sarnese–Vesuviano» è tra i pochi in Italia ad aver completato l'iter di attuazione della Legge 36/94, con la redazione e l'approvazione del Piano d'Ambito e con la scelta della

Nome indicatore	*DPSIR*	*Target/obiettivo di qualità ambientale*	*Stato*	*Trend*
Volumi di risorsa idrica idropotabile immessi in rete, erogati e fatturati per ATO	P	Equilibrio del bilancio idrico e risparmio idrico	☹	↓
Prelievo per determinante e per fonte superficiale e sotterranea per ATO	P	Equilibrio del bilancio idrico e risparmio idrico	☹	↓
Carichi organici potenziali per determinante	P	Bilancio depurativo	☹	→
Stato Ambientale dei Corsi d'Acqua (SACA)	S	Stato «SUFFICIENTE» entro il 31/12/2008 Stato «BUONO» entro il 31/12/2016 Mantenimento, ove già esistente, dello stato «ELEVATO» entro il 31/12/2016	☹	→
Stato Ambientale delle Acque Sotterranee (SAAS)	S	Stato «SUFFICIENTE» entro il 31/12/2008 Stato «BUONO» entro il 31/12/2016 Mantenimento, ove già esistente, dello stato «ELEVATO» entro il 31/12/2016	😐	→
Numero di stazioni per il monitoraggio chimico-fisico, biologico (I.B.E.) ed idrometrografiche attive	R	Realizzare un numero minimo di stazioni come come indicato dalla normativa (All.1 D.Lgs. 152/99)	☺	↑
Numero di stazioni chimico-fisiche per il monitoraggio delle acque sotterranee attive	R	Individuazione acquiferi principali e monitoraggio quantitativo (frequenza mensile) e qualitativo (frequenza semestrale)	☺	↑
Numero di Piani stralcio di Bacino e Piani di Tutela delle Acque approvati / Numero di Autorità di Bacino istituite	R	Approvazione del Piano di Tutela delle Acque entro il 31/12/2004	☹	→
Numero di Piani di Ambito approvati/totale ATO	R	Saltato l'obiettivo temporale, l'approvazione stessa del Piano è diventata l'obiettivo intermedio dell'iter di attuazione della Legge Galli	☺	↑

TABELLA 1 – *Indicatori delle acque superficiali e sotterranee.*

forma di gestione del servizio idrico integrato. Nel dicembre 2002 è stato approvato il Piano d'Ambito dell'ATO «Napoli – Volturno» che non ha ancora effettuato l'affidamento della gestione. Ad oggi l'approvvigionamento della risorsa a fini idropotabili e la relativa distribuzione alla popolazione sono ancora in buona parte affidati a numerosi Enti e Aziende acquedottistici. Anche la gestione dei sistemi di collettamento e depurazione è in prevalenza dispersa fra enti diversi, quasi sempre non collegati agli enti che gestiscono l'approvigionamento. Di seguito si illustrano le tematiche inerenti il ciclo delle acque rappresentate cartograficamente nell'Atlante. Per la quantificazione del grado di copertura dei servizi di acquedotto, fognatura e depurazione nei tre ATO sono stati utilizzati i dati sistematici raccolti dalla SOGESID, nel quadro delle attività di ricognizione e assistenza tecnica alle Regioni.

Copertura territoriale del servizio di acquedotto

La copertura del servizio di acquedotto si attesta su valori medi prossimi al 97% della popolazione residente, leggermente superiore alla media nazionale (96%). Tale valore è da attribuire alla elevata concentrazione abitativa che caratterizza i Comuni che ricadono negli ATO considerati ed alla presenza di un numero estremamente ridotto di abitanti in case sparse. Le perdite di acque potabili sono superiori alla media nazionale con valori pari al 47% del volume immesso in rete e con massimi superiori al 55% nelle zone interne (Fig. 1). Nel 2003 non era ancora disponibile una ricognizione completa della Regione Campania.

Collettamento e depurazione delle acque

Servizio di fognatura

Per quanto riguarda il servizio di fognatura lo sviluppo delle reti di collettamento negli ATO «Sarnese–Vesuviano», «Sele» e «Napoli-Volturno» è pari rispettivamente a 1,5, 3 ed 1,8 m/ab servito. La copertura media della popolazione (Fig. 2) è del 73%, con massimi per i principali centri e minimi al 20 – 30% per le zone del Sarnese nonché per alcuni comuni della fascia appenninica e delle Isole. Nel 2003 non erano ancora disponibili i dati per le zone interne. Il dato medio complessivo regionale pari all'84% è coincidente con il dato medio nazionale (85%).

Servizio di depurazione

Il rapporto percentuale tra il numero di abitanti serviti da depuratori ed il numero di abitanti residenti sul territorio amministrato dai tre ATO considerati, presenta un valore medio pari al 63%, corrispondente a 3.169.332 abitanti serviti su 5.017.093 (20% per l'ATO «Sarnese – Vesuviano», 57% per l'ATO «Sele» e 83% per l'ATO «Napoli – Volturno») a fronte di una popolazione complessiva regionale di 5.792.580 abitanti. Il dato è significativamente inferio-

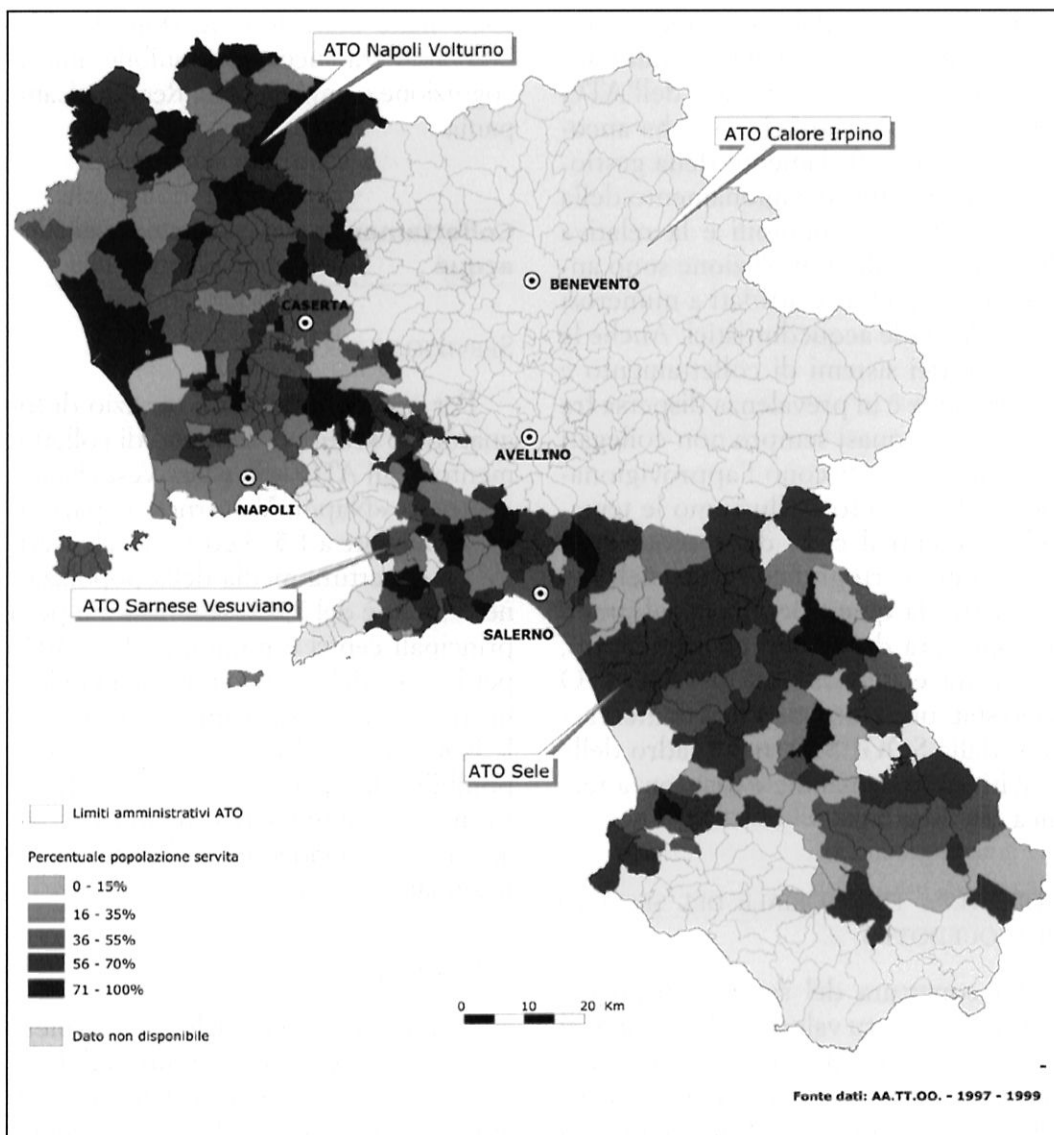



FIGURA 1 – *Percentuale perdite lorde della rete di distribuzione idrica.*

re rispetto a quello nazionale (75%). Su base territoriale (Fig. 3) si osserva che l'intero bacino del Sarno nel 2002 non disponeva di un adeguato sistema di depurazione, così come molti comuni della parte meridionale dell'ATO Sele (Cilento) e della parte settentrionale dell'ATO Napoli-Volturno.

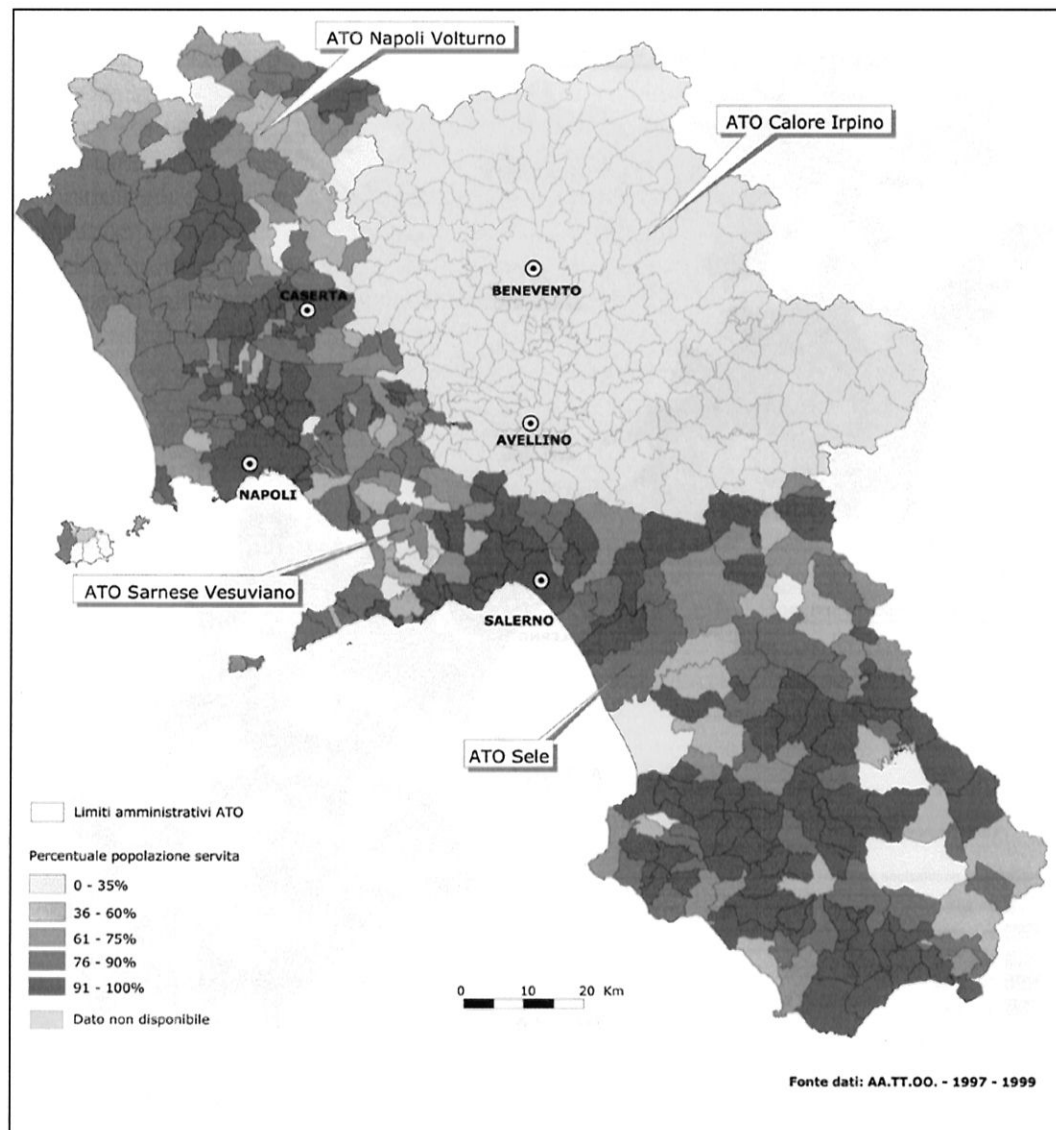



FIGURA 2 – *Percentuale della popolazione servita dalla rete fognaria.*

La qualità delle acque interne

In ottemperanza al Dlgs. 152/99 l'ARPAC cura il monitoraggio delle acque superficiali e sotterranee tramite campagne di campionamento e determinazioni analitiche di laboratorio. Complessivamente ogni anno vengono

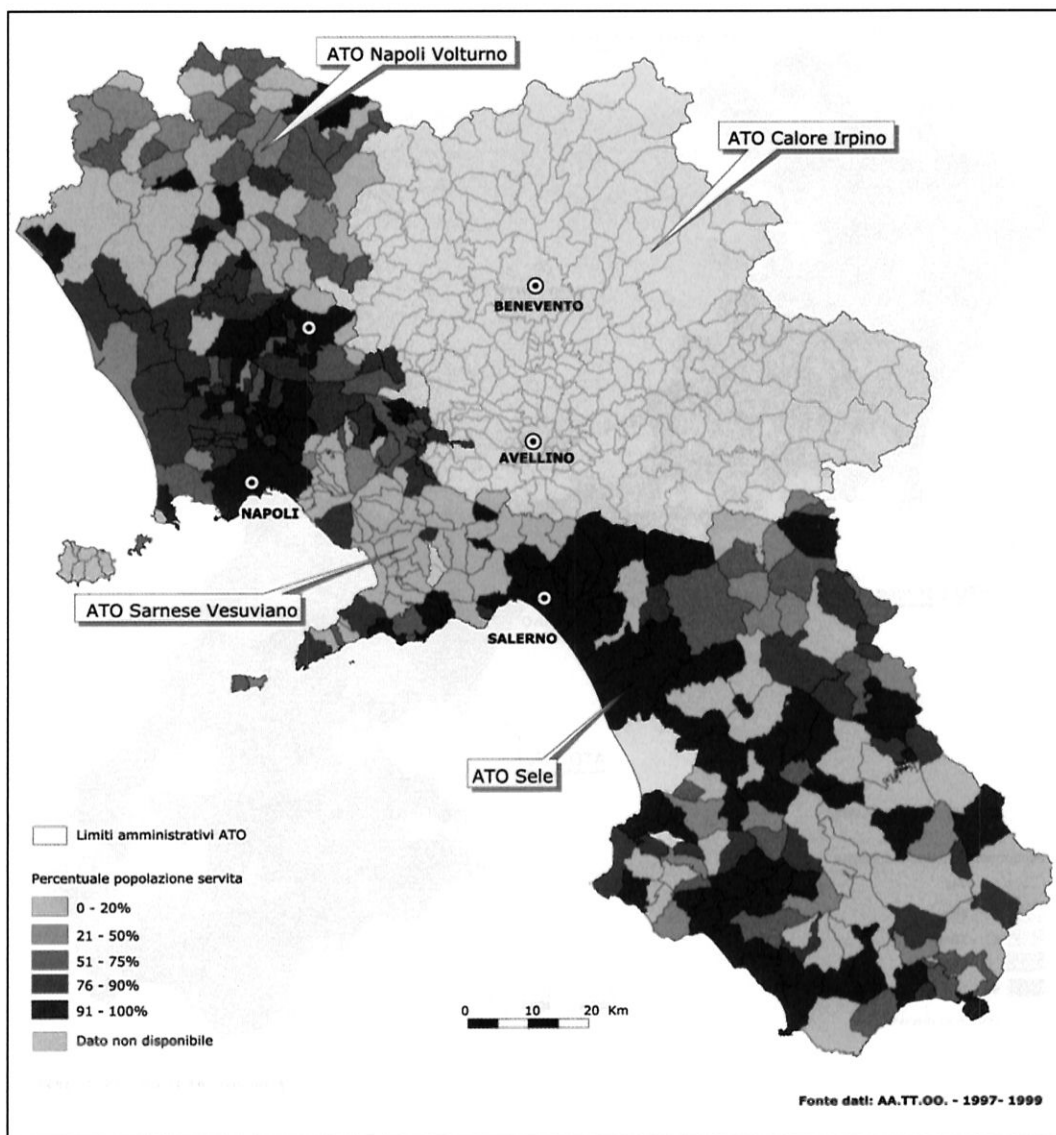



FIGURA 3 – *Percentuale della popolazione servita da depuratori.*

effettuati circa 1200 prelievi e 18.000 analisi di parametri. I risultati conseguiti vengono rielaborati sia per la stesura di report ambientali sia per trasmettere le informazioni di sintesi a Regione, Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio, APAT e Unione Europea.

Acque superficiali

L'ARPAC nell'ottobre del 2001 ha avviato un programma di monitoraggio sistematico su tutti i corpi idrici significativi. La rete di monitoraggio riguarda 19 fiumi e prevede anche il monitoraggio di aste fluviali minori ed affluenti, in aree peculiari, in relazione alla pressione antropica (Sarno e affluenti) ovvero al pregio ambientale (Parco Nazionale del Cilento). Finora sono state individuate 84 stazioni ubicate presso 32 tra fiumi, torrenti e canali, con frequenze di campionamento mensili, per i parametri chimico-fisici, e stagionali, per il monitoraggio biologico. L'attività di monitoraggio ha consentito una prima classificazione dell'IBE (Fig. 4) e del LIM (Fig. 5) relativo ai punti della rete. Sulla base dei valori di IBE e LIM è stato elaborato lo Stato Ecologico di ciascun tratto di corso d'acqua (Fig. 6) estrapolando verso monte i dati puntuali. In futuro, con il supporto della modellistica si validerà la classificazione presentata. Complessivamente quasi un terzo delle stazioni monitorate ricade nella classe *scadente* o *pessimo*. Considerando che il monitoraggio riguarda numerosi tratti montani dei fiumi, i risultati indicano che gli impatti antropici cominciano già nella parte alta della rete idrografica superficiale. Esiste una correlazione inversa tra la qualità delle acque superficiali e la densità abitativa, il grado di industrializzazione del territorio attraversato e la diffusione di pratiche agricole intensive e zootecniche. Le principali aree ad elevato carico inquinante individuate risultano, infatti, quelle del bacino dell'Isclero a cavallo tra le province di Caserta e Benevento, del bacino del Sarno a cavallo tra le province di Avellino, Salerno e Napoli, dei Regi Lagni tra le province di Napoli e Caserta. Il Cilento con il Sele e affluenti, l'Alento, il Mingardo e il Bussento, si caratterizza per una migliore qualità delle acque, compresa fra buona e sufficiente. Un solo punto, a valle di una sorgente del F. Calore Irpino è contraddistinto da qualità elevata.

Acque sotterranee

Nel 2002 è stata espletata la fase conoscitiva preliminare prevista dalla normativa, attraverso l'analisi di serie storiche di dati 1997-2001 rappresentativi di 422 punti d'acqua risultanti da campagne mirate o raccolti presso i Dipartimenti Provinciali dell'ARPAC ed altri Enti. Tale ricognizione ha reso possibile una prima caratterizzazione dello Stato Chimico delle acque di sorgenti e di pozzi (Fig. 7). Dall'inverno 2002, in funzione dell'implementazione della rete di monitoraggio a regime, costituita da 224 stazioni, l'ARPAC ha avviato il monitoraggio dello Stato Chimico presso 117 punti distribuiti sull'intero territorio regionale. I risultati della prima campagna di monitoraggio consentono una stima dello Stato Chimico (Fig. 8), per il quale la normativa prevede l'attribuzione a una delle cinque classi di qualità riportate in carta. L'analisi dei dati evidenzia che il 40% dei siti monitorati è caratterizzato da acque «particolari» (Classi 0, 0-2 e 0-4), di cui la metà con contaminazione di inquinanti di origine antropica mediamente elevata. Il 24% dei punti d'acqua

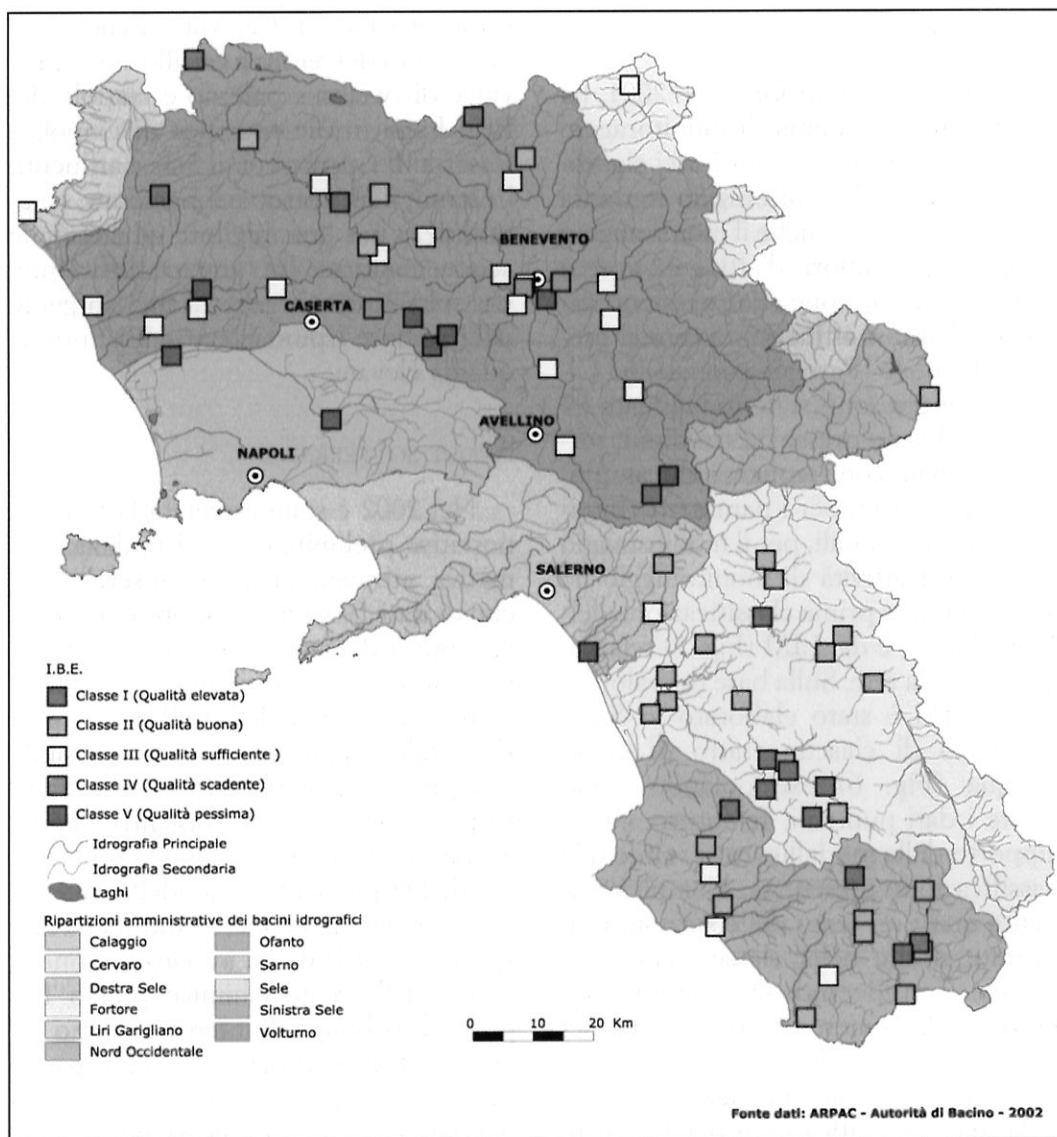



FIGURA 4 – *Caratterizzazione biologica dei corsi d'acqua (Indice Biotico Esteso – I.B.E.).*

presenta uno Stato Chimico scadente. In particolare lo Stato Chimico è scadente per il 42% dei pozzi e solo per il 5% delle sorgenti. Tale diversità è legata al fatto che la maggioranza dei pozzi monitorati attinge da falde superficiali, ubicate nelle zone di pianura antropizzate, mentre dalle sorgenti affiorano acque, che

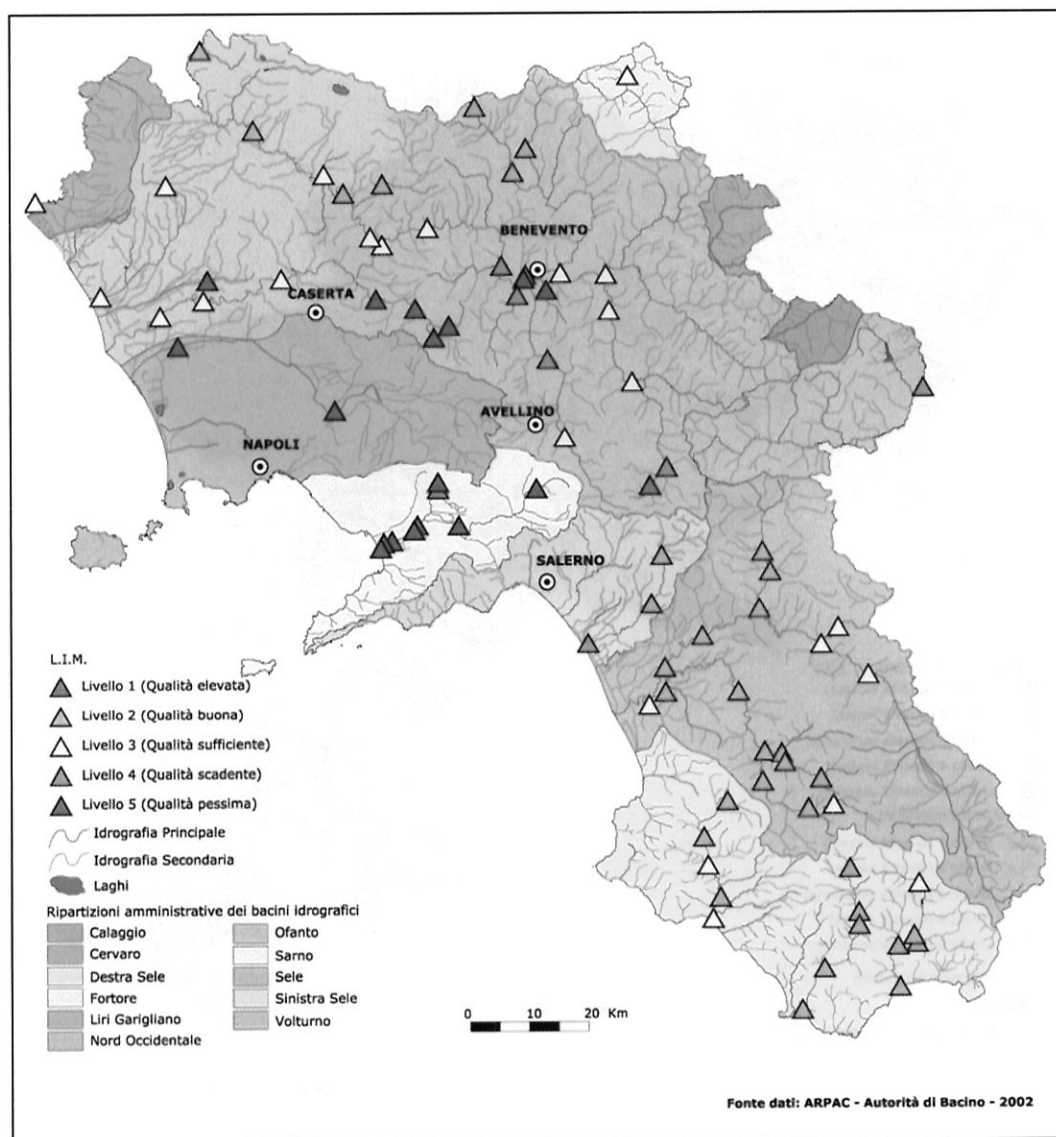



FIGURA 5 – *Caratterizzazione chimico-fisica dei corsi d'acqua (Livello d'Inquinamento da Macrodescrittori - L.I.M.).*

alimentano le reti acquedottistiche, provenienti dagli acquiferi profondi dei massicci carbonatici di zone montuose spesso inserite in aree protette. Il 31% delle sorgenti è infatti caratterizzato da un impatto antropico nullo o trascurabile e da pregiate caratteristiche idrochimiche (Classe 1). La caratterizzazione

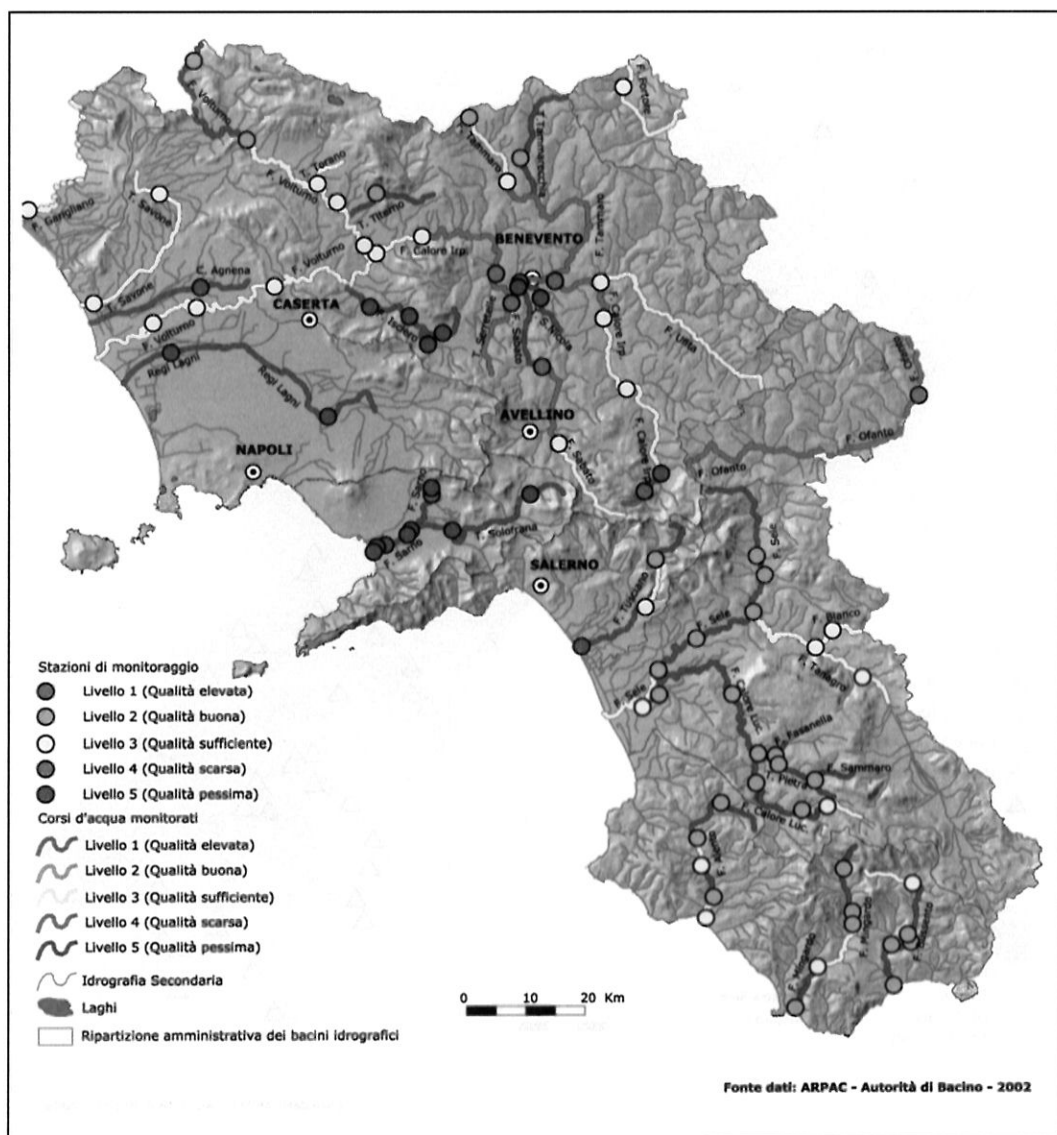



FIGURA 6 – *Stato ecologico dei corsi d'acqua.*

areale sulla base dei punti di monitoraggio è in fase di elaborazione ed un primo esempio di cartografia dei corpi idrici sotterranei significativi è stato presentato alla VII Conferenza Nazionale delle Agenzie Ambientali di Milano.

Per la quasi totalità delle acque di sorgente e di pozzo inquinate il parametro

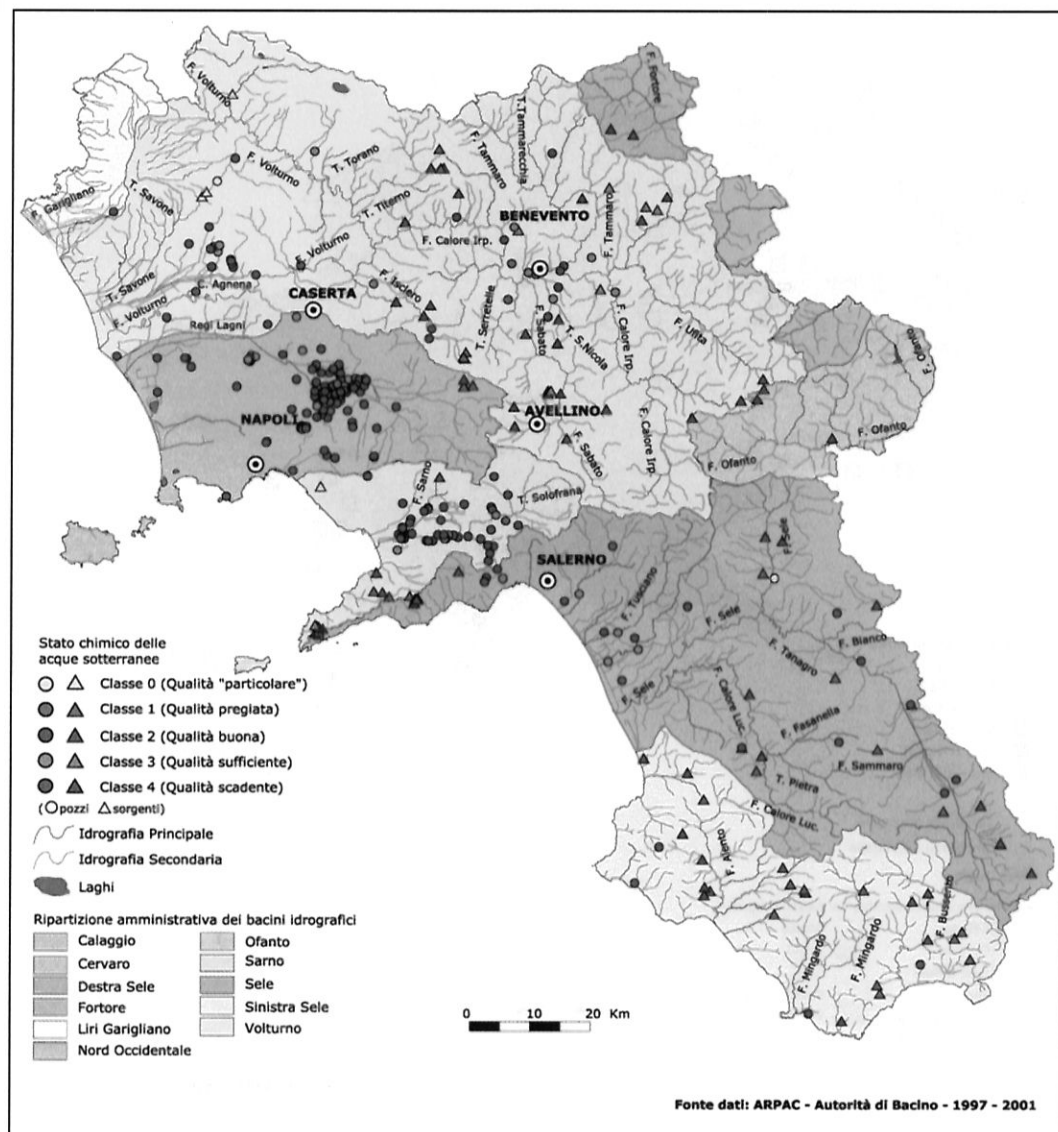



FIGURA 7 – *Stato chimico delle acque sotterranee 1997-2001.*

decisivo nella classificazione è la concentrazione di nitrati (NO_3^-) che presenta valori superiori al limite per la Classe 4 (50 mg/l) nel 17% dei punti della rete di monitoraggio, con il 5% di siti con concentrazioni maggiori di 100 mg/l nelle zone di pianura dei Regi Lagni e del Sarnese. (Fig. 9).

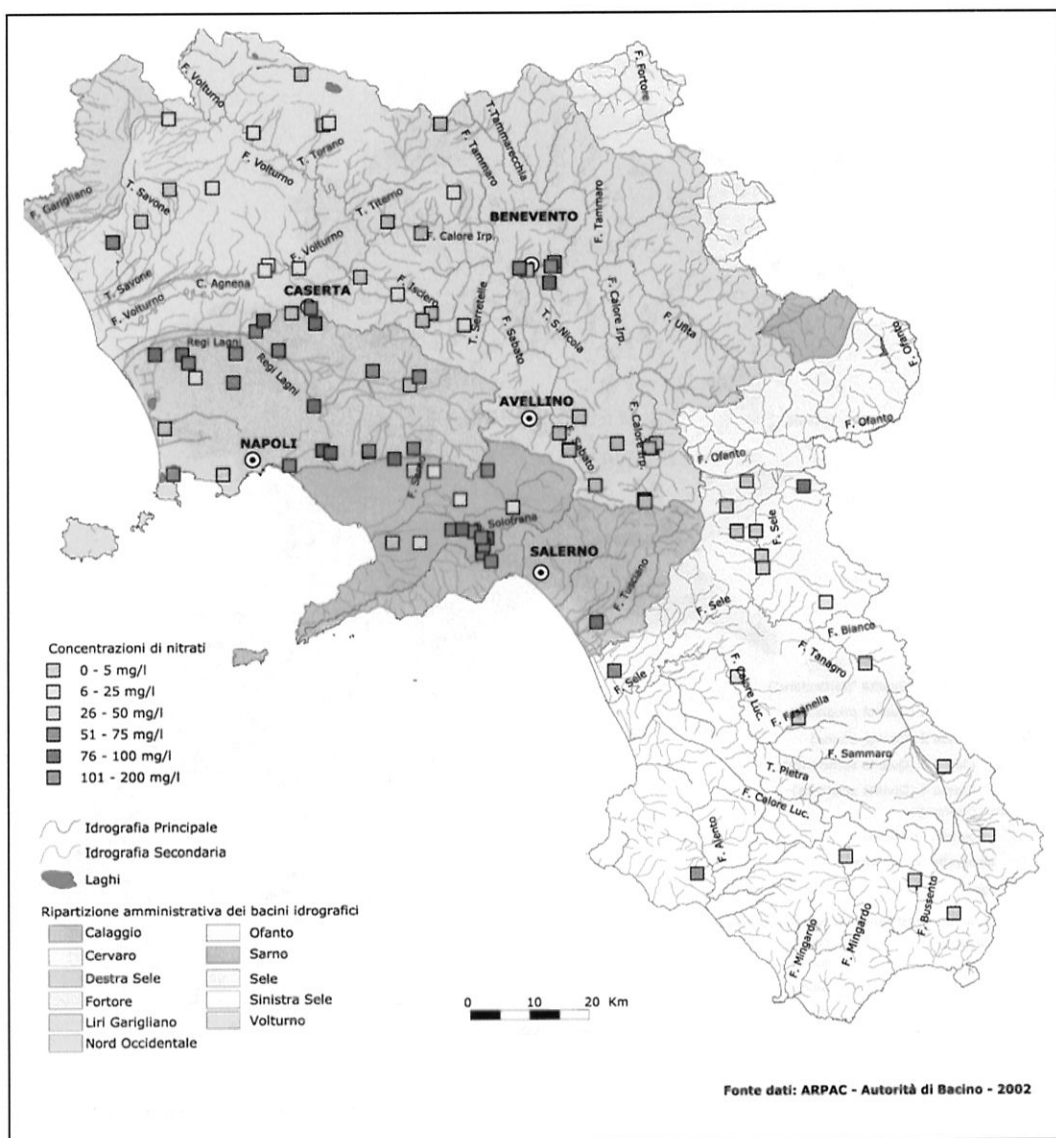



FIGURA 8 – *Stato chimico delle acque sotterranee 2002.*

Il monitoraggio delle acque marino-costiere

Le coste della Campania si estendono per una lunghezza di circa 512 km, dalla foce del fiume Garigliano (provincia di Caserta) fino a Sapri (provincia di Salerno). L'ambiente marino più direttamente influenzato dalle attività umane (ad es. città costiere, porti, terminali,

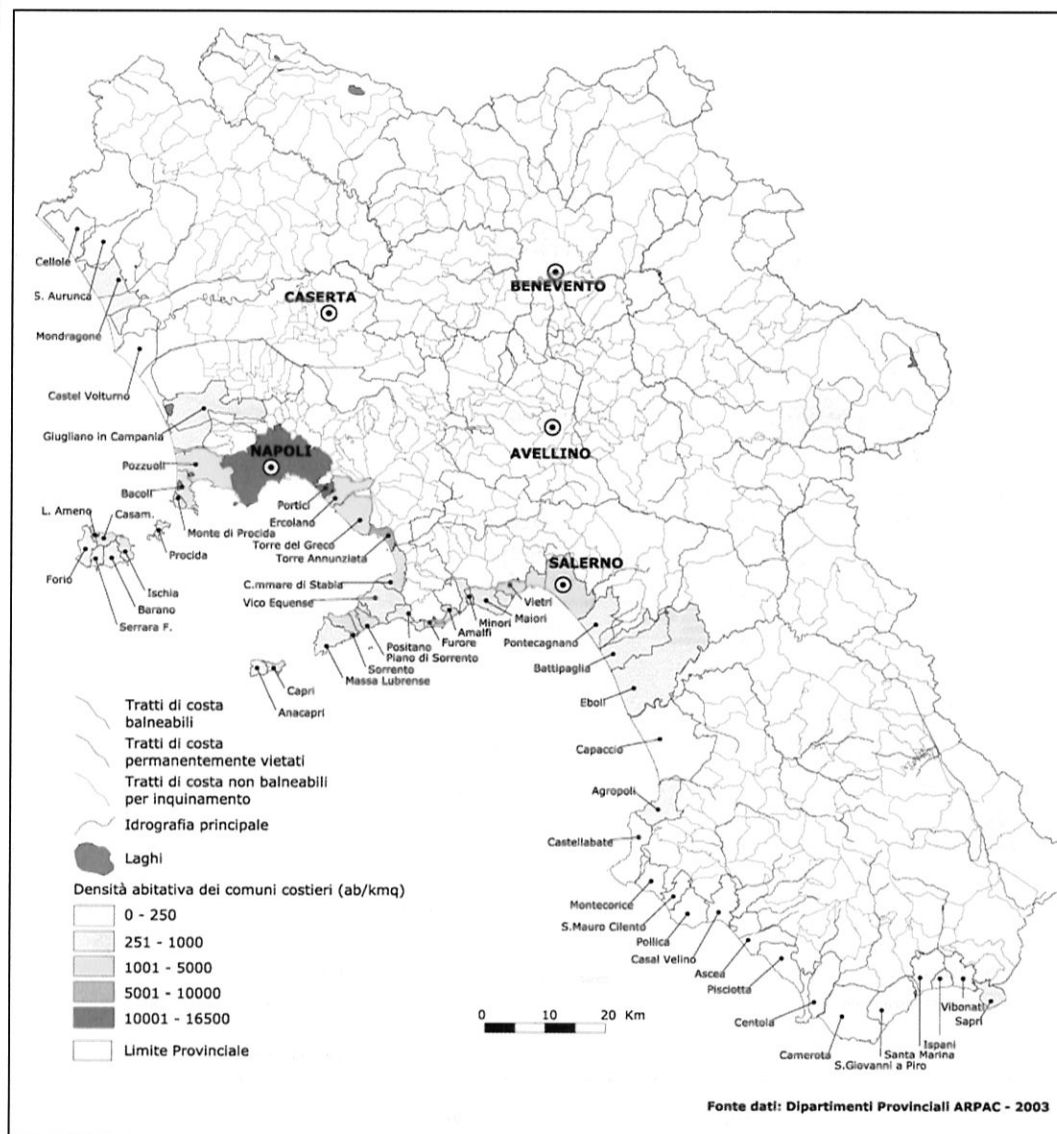



FIGURA 9 – *Concentrazioni di nitrati nelle acque sotterranee 2002.*

condotte sottomarine, pesca, aree protette) è naturalmente la platea continentale, fascia piuttosto ristretta lungo le nostre coste. La Campania è tra le regioni più sensibili alla salvaguardia e protezione di aree naturali. Infatti più del 25% della superficie regionale è destinata ad aree protette quali parchi o oasi, di cui l'8,3% è costituito dalle aree protette marino costiere. Per quanto riguarda le

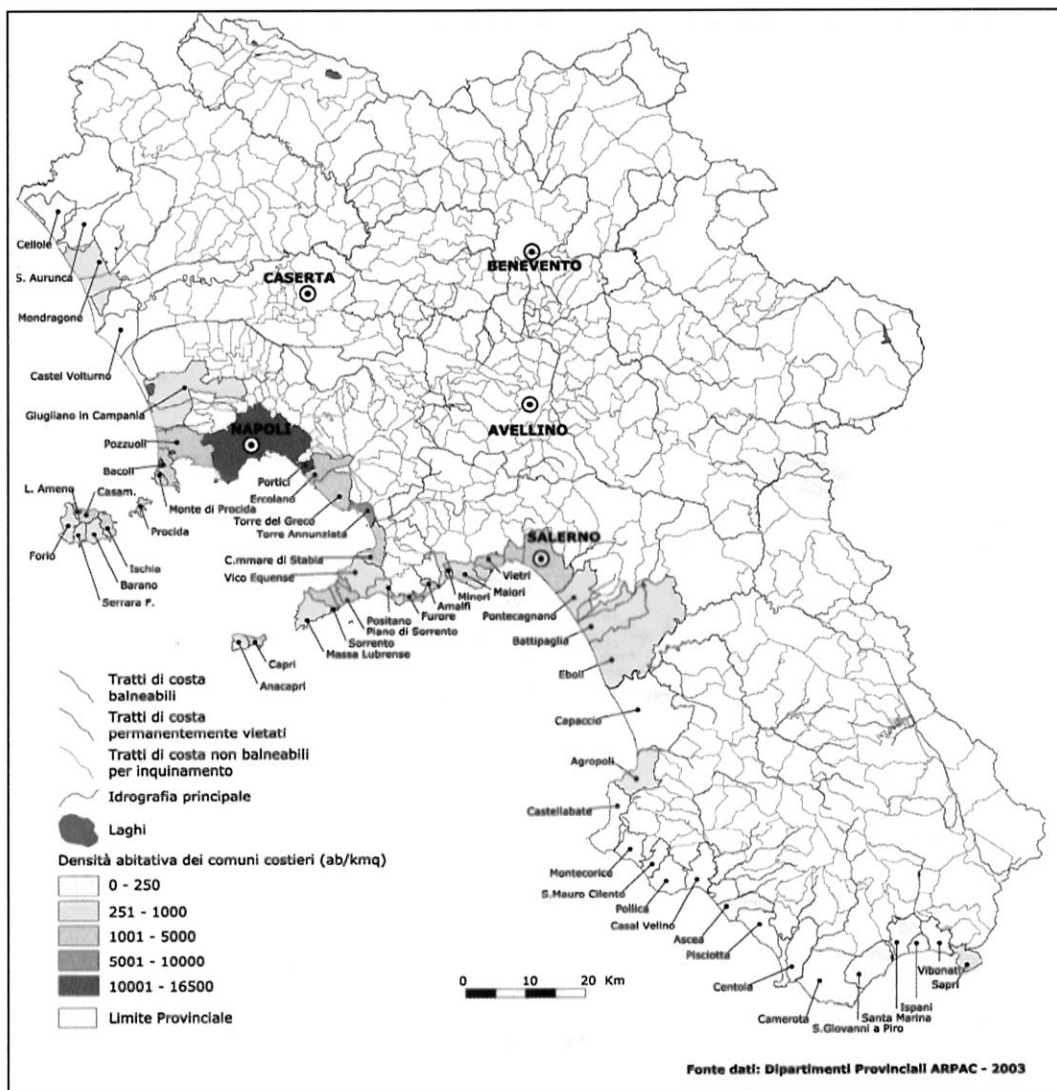



FIGURA 10 – *Costa balneabile nel 2003.*

attività di monitoraggio in corso per tenere sotto controllo sia l'aspetto igienico sanitario che quello ambientale relativo alla acque marino costiere della regione, queste possono essere così riassunte:

– Monitoraggio delle acque di balneazione – costituito da 358 punti di campionamento distribuiti lungo tutta la costa (Fig. 10), i risultati delle analisi 2002 hanno portato a dichiarare non balneabili nel 2003 estesi tratti di costa nelle Province di Caserta e Napoli e purtroppo la

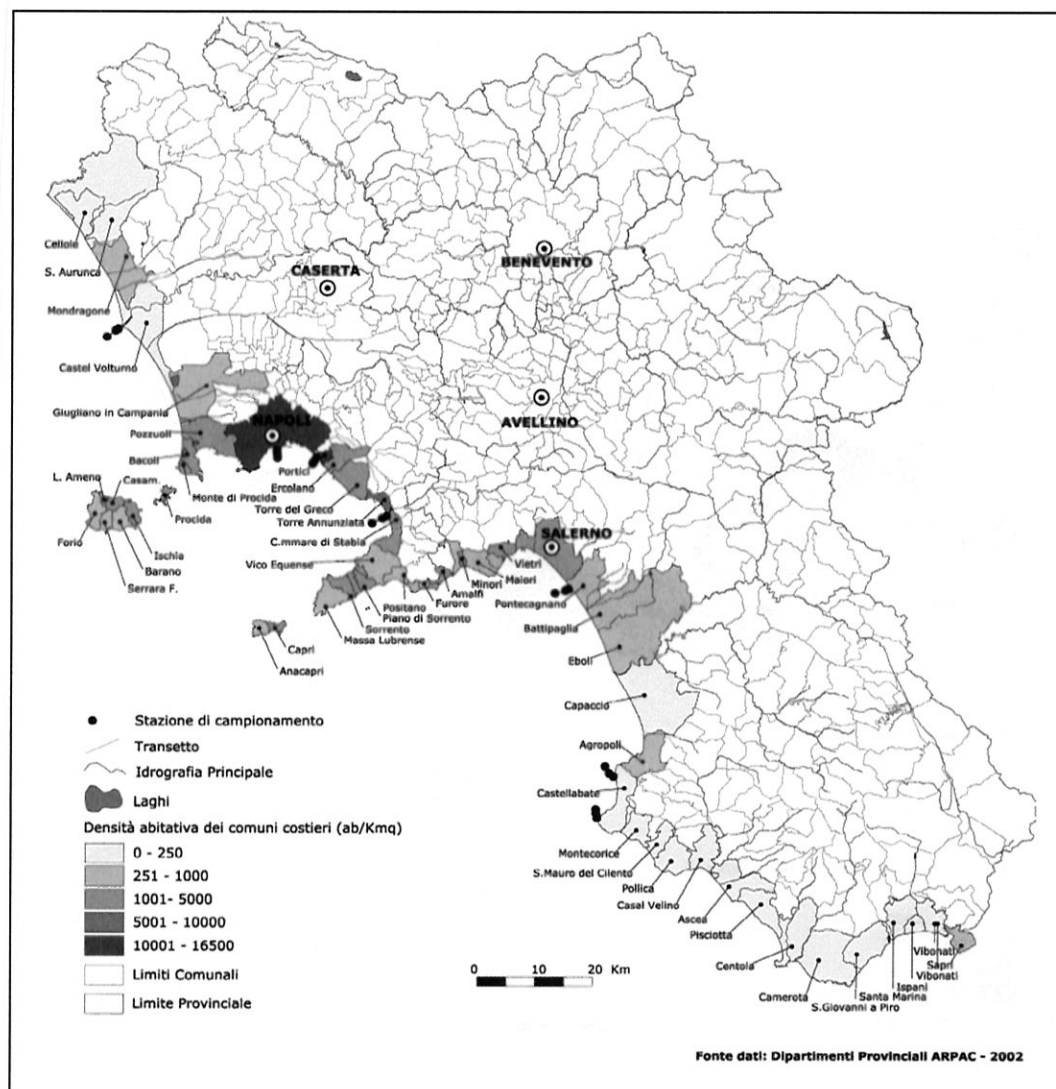



FIGURA 11 – *Indice Trofico delle acque* marino-costiere.

Campania è una delle Regioni con la maggior percentuale di costa non balneabile.

– Monitoraggio delle acque marino costiere – si estende dalla foce del fiume Volturno (CE) a Punta Licosa (SA). Le aree monitorate sono 7 di cui: 1 nella provincia di Caserta, 3 nella provincia di Napoli e 3 in quella di Salerno (Fig. 11). Per la valutazione dello stato di qualità ambientale è stato utilizzato l'indice tro-

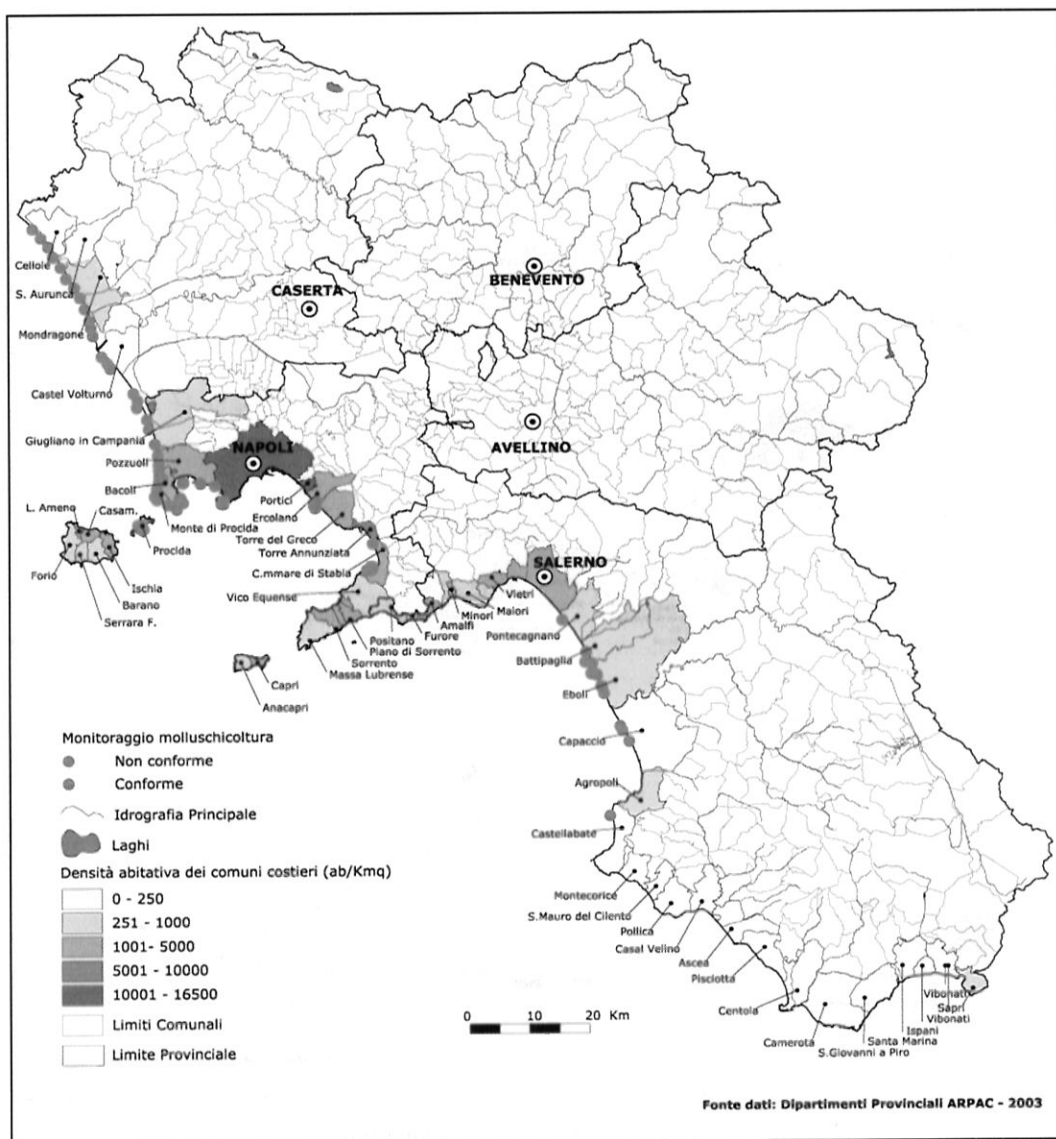



FIGURA 12 – *Acque marino-costiere idonee alla molluschicoltura.*

fico TRIX che permette di definire lo stato di qualità delle acque marino-costiere, considerando i nutrienti, la biomassa algale e l'ossigenazione. L'indice riassume le condizioni trofiche del sistema, mediante un valore numerico, a cui sono associate particolari condizioni ambientali.

Le indagini sono state effettuate nell'ambito del progetto SIDIMAR svolto dall'ARPAC (Dipartimento Provinciale di Napoli) in collaborazione con la Stazione Zoologica A. Dhorn di Napoli.

– Monitoraggio delle acque di transizione – l'unico lago di transizione monitorato completamente nel periodo 2000-2001 è il lago Fusaro. Il monitoraggio ha rilevato un peggioramento delle condizioni ambientali rispetto al 1997. Per i laghi Miseno, Lucrino e Patria le attività di monitoraggio sono iniziate a partire dal mese di maggio 2002.

– Monitoraggio delle acque designate ai fini della molluschicoltura – la Regione Campania ha individuato 10 aree marine da monitorare al fine di salvaguardarle o migliorarle perché destinate alla vita dei molluschi. La rete di monitoraggio è stata costruita disegnando rettangoli delle dimensioni di 2 Km (lungo la costa) per 1 Km (verso il largo). Le stazioni monitorate, per il periodo 2000 – 2001, sono state 119, di cui la maggior parte nella provincia di Napoli, dove è più sviluppata l'attività di molluschicoltura (Fig. 12), i risultati mostrano circa il 50% di punti non conformi ubicati nelle province di Caserta e Napoli.

Conclusioni

La scelta, da parte dell'ARPAC, di predisporre un atlante ambientale si inserisce in un processo di semplificazione della complessità della comunicazione ambientale. Nasce, in particolare dalla necessità di elaborare una sintesi della RSA, pensata su dati ambientali cartografabili, discussi dal punto di vista normativo-tecnico-scientifico, in una logica DPSIR. L'esigenza di redigere una sintesi della RSA è da sempre presente a quanti hanno partecipato alla redazione delle Relazioni sullo Stato dell'Ambiente, degli annuari dei dati ambientali e, più recentemente, alle elaborazioni delle VAS e delle Agende XXI.

In questo contesto, la rappresentazione sistematica dei dati ambientali, di tematismi cartografici GIS, orienta, quasi naturalmente, verso l'individuazione di uno strumento comunicativo come l'atlante ambientale. Tuttavia, così come sono consolidati i sistemi di rappresentazione orografica, stradale ed economica degli atlanti geografici, vanno approfondite le metodologie di rappresentazione di informazioni ambientali e/o di sintesi dello stato dell'ambiente, dei fattori di pressione e di risposta. Occorre sperimentare forme di comunicazione cartografica per valutare e rappresentare, in modo sintetico al non esperto della materia, indicatori ambientali complessi come l'IBE- Indice Biotico Esteso o il LIM – Livello di Inquinamento da Macrodescrittori.

L'ARPAC ha prodotto quindi il Primo Atlante Ambientale della Campania – 2003 nell'intento di fornire una sintesi di una relazione RSA di ben 611 pagine. Nello stesso tempo l'Atlante cerca di rendere partecipi del complesso processo di miglioramento della capacità di monitorare ed osservare l'ambiente, realizzato dall'ARPAC in soli quattro anni di vita, passando da determinazio-

ni laboratoristiche episodiche, alla gestione delle prime reti di monitoraggio e di controllo di un territorio disastrato dal punto di vista ambientale, ma ricco di potenzialità. L'Atlante è il punto di arrivo di un processo complesso, che ha visto lavorare insieme il cartografo, l'informatico, il tecnico ambientale, l'esperto di comunicazione ed educazione ambientale, provenienti da diverse strutture dell'ARPAC. Si è ottenuto, così, uno strumento che non si sostituisce alla RSA, ma si integra al sistema di comunicazione ed informazione esistente in ARPAC, costituito dalla RSA stessa, dall'annuario dei dati ambientali, in corso di realizzazione, dal sistema di conferenze, di presenza sulla rete web, di pubblicazioni tematiche, di interventi sui network informativi di stampa e televisione.

Dai riscontri avuti alla presentazione dell'Atlante durante i lavori della prima conferenza regionale sull'ambiente della Campania, emerge un giudizio molto positivo, sia da parte degli addetti ai lavori che dei cittadini nonché del mondo della scuola. Questi ultimi giudizi sono da ritenere assai significativi, perché indicano la possibilità di costruire un unico strumento comunicativo, utilizzabile per diversi livelli di lettura e di approfondimento, dal quale è possibile estrarre informazioni ambientali per la didattica oppure indicazioni per ulteriori analisi territoriali. Si è anche discusso, infatti, nel corso della conferenza, sulla possibilità di utilizzare l'atlante come relazione sullo stato dell'ambiente per i ragazzi.

Dall'analisi integrata, in ambiente GIS, delle cartografie tematiche presentate, si colgono le strette interrelazioni fra urbanizzazione disordinata e inquinamento delle acque, per il futuro si prevede pertanto di far divenire l'Atlante un prodotto in ambiente web, facilmente consultabile, in questo senso sono già state attivate interessanti sinergie con l'APAT.

Dall'esperienza dell'Atlante nasce infine la proposta di un coordinamento nazionale dei sistemi di rappresentazione cartografica, per definire un atlante ambientale standardizzato, da inserire tra gli strumenti di comunicazione e di informazione, che offra un contributo utile per estendere l'informazione ambientale dalla sola dimensione elitaria degli «esperti» a tutti i cittadini.

Ringraziamenti

Si ringraziano:
- l'APAT per il contributo fornito per il coordinamento delle attività di reporting delle ARPA,
- il gruppo lavoro ARPAC per l'elaborazione dell'Atlante costituito da A. Coppola, C. Dalise, V. De Filippo, S. Del Gaizo, T. Di Meo, M.T. Filazzola, G. Gambi, L. Infante, P. Marotta, A. M. Matrone, G. Onorati, I. Paglia, I. Parisi, S. Pesce, P. R. Rosa, R.Russo, F. Scarponi, A.V. Siciliano, E. Tortoriello, M. Vito,
- il gruppo di lavoro ARPAC per la RSA acque costituito da Vincenzo Accardo, Vincenza Angeletti, Beatrice Cocozziello, Lucia D'Arienzo, Vincenzo Aquino De Gennaro, Carlo De Ange-

lis, Tommaso Di Meo, Cristiano Gramegna, Maria Luisa Imperatrice, Pietro Mainolfi, Giovanni Matarese, Anna Nappi, Giuseppe Onorati, Gennaro Orefice, Vincenzo Romano, Pietro Paolo Speranza, Ottavia Spiniello, Alfredo Trocciola.

– le collaborazioni esterne: Prof. Dott. Pietro Bruno Celico, Dott. Vincenzo Allocca, Dott. Federica Habetswallner - *Università di Napoli «Federico II* ; Ing. Sergio Sgroi – ENEA; Antonio Atzeni, Tiziana Gifuni - CID Software Studio s.r.l.;

– le strutture tecniche coinvolte: Assessorato all'Agricoltura - Regione Campania: Dr. Amedeo D'Antonio; Autorità Ambientale - Regione Campania: Arch. A. Risi; Task Force Ambiente: Ing. Paolo Bidello; Ambito Territoriale Ottimale Sarnese - Vesuviano: Presidente Ing. Alberto Irace, Dott.ssa Anna Maffia, Dott.ssa Mariachiara Imbimbo; Ambito Territoriale Ottimale Napoli Volturno: Presidente Giuseppe Bruno, Arch. Cinzia Ostrifate, Ing. Paolo Balestrieri; Ambito Territoriale Ottimale Sele: Ing. Francesco Petrosino; Autorità di Bacino Nazionale Liri - Garigliano Volturno: Ing. G. D'Occhio – Segretario Generale, Ing. Francesco D'Angelo, Ing. Sebastiano Pesce, Dott.ssa Vera Corbelli; Autorità di Bacino Regionale Nord Occidentale: Avv. Giovanni Cantone - Segretario Generale, Dott. Matteo Leone; Autorità di Bacino Regionale Sarno: Dott Marcello Postiglione - Segretario Generale, Arch. Marina Scala; Dott Federico Baistrocchi; Ente Nazionale Energia Elettrica - ENEL: Ing. Giuseppe Fusco, Ing. Pasquale Scarano, Rag. Mario Fadda, Dott. Pasquale Esposito; Istituto Nazionale Economia Agraria – INEA: Dott. Vincenzo Sequino; Istituto Statica Nazionale – ISTAT Campania: Direttore Dott. Francesco Fracasso; Provincia di Napoli – Servizio Ecologia e Ambiente: Ing Bruno Mazza, Dott.ssa Alessandra De Francesco, Geol. Salvatore Semprevivo; SOGESID Spa: Ing. Luciano Capobianco.

Bibliografia

ARPAC AA.VV. in collaborazione con Formez, *Primo Atlante Ambientale della Campania – Sintesi della Seconda Relazione sullo Stato dell'Ambiente*, Napoli, 2003, pp. 1-176.

ARPAC AA.VV. in collaborazione con Formez, *Seconda Relazione sullo Stato dell'Ambiente*, Gangemi Editore spa, Napoli, 2003, pp. 1-612.

European Environmental Agency, *Guidelines for data collection and processing.* EU State of the Environment report. Aarhus, Danimarca, 1998.

Agenzia Federale dell'Ambiente Tedesca, *ECOBASE Environmental Atlas 6.0 http://www.oekobase.de* Clemens Hölter GmbH, Haan, Repubblica Federale Tedesca, 2003.

Senatsverwaltung für Stadtentwicklung, *Digital Environmental Atlas,* http://www.stadtentwicklung.berlin.de/umwelt/umweltatlas, Berlino, 1985, I ed., 2003 ed. digitale.

Bollettino dell'A.I.C., n. 121-122 / 2004

INDAGINE AMBIENTALE SUI CARATTERI DEI MICROBACINI IN DESTRA RENO FINALIZZATA ALLA VALUTAZIONE DELLA QUALITÀ DELLE ACQUE

ENVIRONMENTAL ANALISYS OF RIVER RENO BASIN DUE TO EVALUATE WATER QUALITY

Ivo Gatto (*), **Massimo Gherardi** (*), **Gilmo Vianello** (*), **Nicoletta Zamboni** (*)

(*) Centro Sperimentale per lo Studio e l'Analisi del Suolo - Facoltà di Agraria - DiSTA -Università di Bologna.

Riassunto

L'obiettivo di questo lavoro è lo studio dei caratteri ambientali del Bacino idrografico del Fiume Reno che influiscono sulla qualità delle acque superficiali.
L'acqua è una risorsa naturale la cui qualità è il risultato di complesse interazioni tra i fattori, naturali ed antropici, che caratterizzano l'ecosistema e che evolvono dinamicamente nel tempo.
La valutazione dello stato qualitativo della risorsa idrica in relazione alle esigenze d'uso e di conservazione degli ecosistemi idrici, in un'ottica di gestione sostenibile della stessa, richiede tra l'altro la conoscenza dettagliata dei caratteri del territorio e dei fattori di pressione antropica presenti nel bacino idrografico oggetto di studio.
L'indagine, condotta mediante l'applicazione di Sistemi Informativi Geografici (GIS), è stata eseguita alla scala di Bacino idrografico del Fiume Reno e alla scala di microbacino idrografico del Torrente Gaiana per una analisi di dettaglio.

Abstract

The aim of this work is the environmental analysis of River Reno Basin, located in the North of Italy, due to evaluate its water quality.
Water is an important natural resource whose quality is the result of both complex interactions between natural and anthropic factors distribuited on the land and their dynamics across the time.
The evaluation of water quality implies a detailed knowledge of land's characteristics, since water quality is strictly connected with both land use and its management.
In this work a GIS based approach was used to describe the morfological features of River Reno'basin at chatchment scale and at micro-basin scale (Torrente Gaiana) for a more detailed study.

Lavoro eseguito nell'ambito del FISR DM 105/2000 MIUR-MiPAF - Progetto «Ottimizzazione a fini irrigui delle acque reflue».

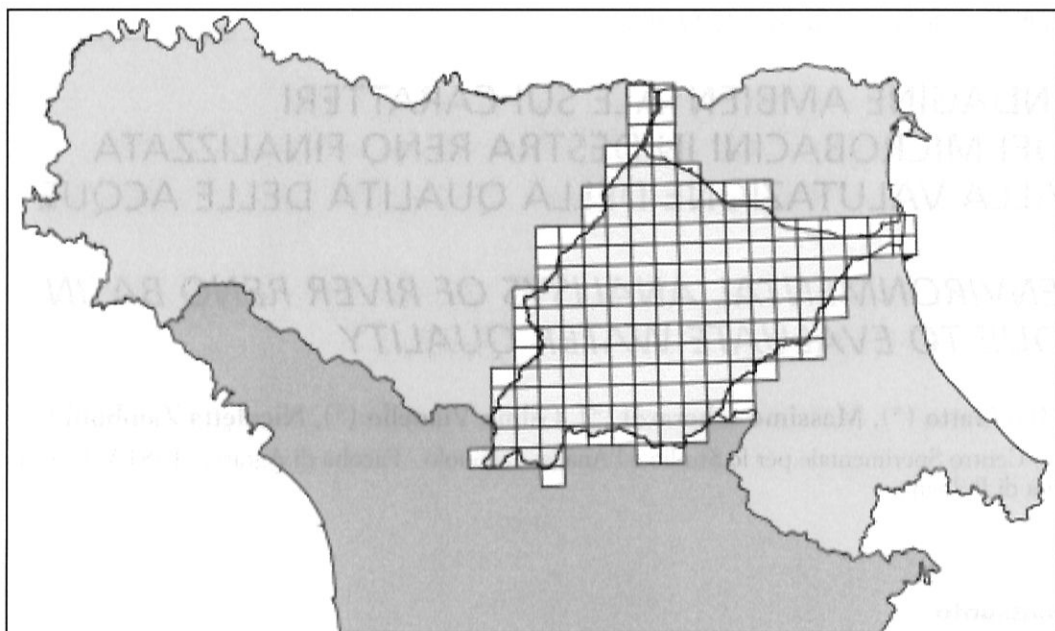



FIGURA 1 – *Localizzazione dell'area di indagine.*

L'area di indagine

Il Bacino idrografico del Fiume Reno, con una superficie complessiva di 4934 Km^2, ricade nei limiti amministrativi delle Regioni Emilia Romagna e Toscana, interessando 7 provincie: Bologna, Modena, Ferrara, Ravenna, Prato, Pistoia e Firenze. È un bacino di rilievo interregionale come indicato all'art. 15 della Legge 18 Maggio 1989 n. 183; esso ricade per l'88% circa nel territorio della Regione Emilia-Romagna e per il restante 12% in quello della Regione Toscana; quasi il 70% ricade nei limiti amministrativi della Provincia di Bologna (Fig. 1).

La rete idrografica è rappresentata dal Fiume Reno e dai suoi affluenti di provenienza appenninica che sono (procedendo da Ovest verso Est): Torrente Samoggia (l'unico in sinistra idrografica), Torrente Idice, Torrente Savena, Torrente Sillaro, Fiume Santerno, Torrente Senio. Tali affluenti individuano i rispettivi sottobacini idrografici in cui il Bacino del Fiume Reno risulta suddiviso (Fig. 2).

L'analisi morfologica del bacino ottenuta attraverso l'elaborazione del Modello Digitale di Elevazione (Fig. 3) mette in evidenza la presenza di fasce di territorio con differente caratterizzazione del sistema orografico.

A Sud il bacino è delimitato da un'importante fascia montana in cui si raggiungono quote elevate e prossime ai 2000 m s.l.m.; procedendo verso

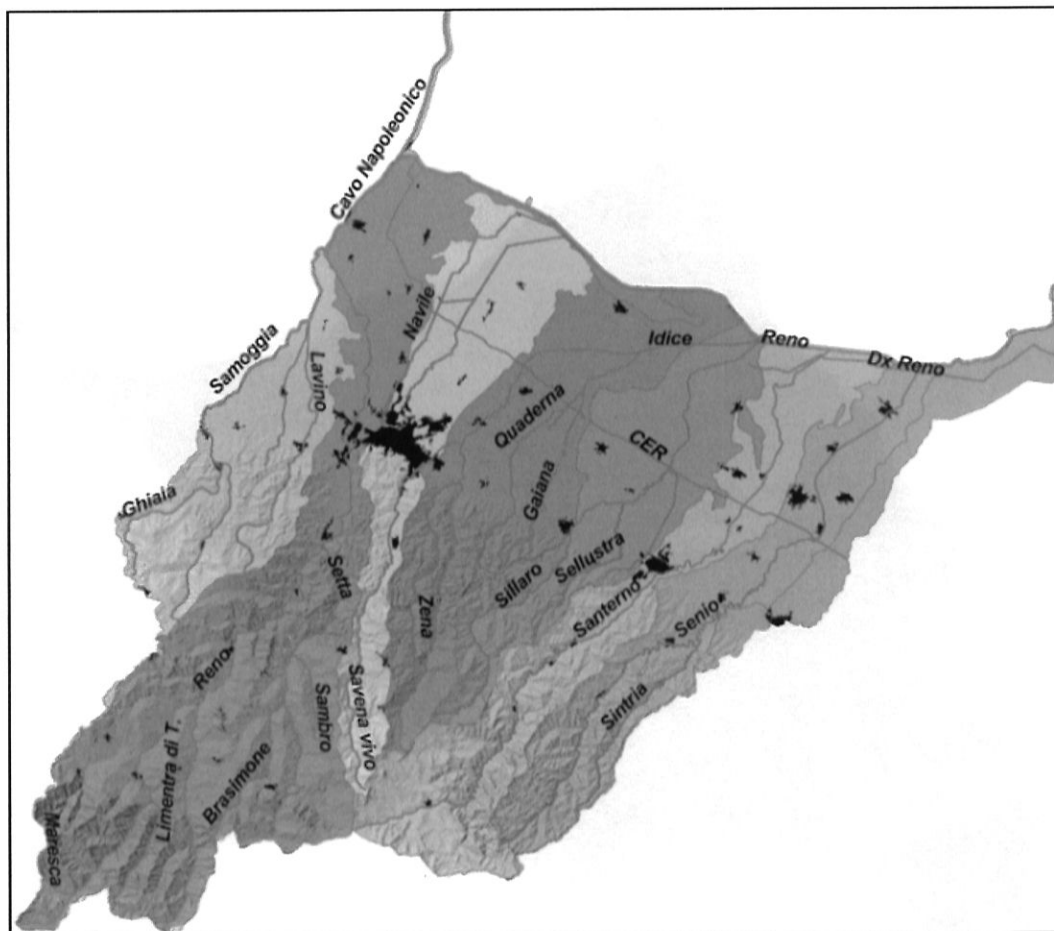



FIGURA 2 – *Affluenti del Fiume Reno e relativi Bacini idrografici.*

Nord si passa ad un tratto collinare di raccordo tra la montagna e l'alta pianura, con altitudini che variano dai 500 m s.l.m. a quote via via decrescenti procedendo verso la via Emilia in direzione Nord; nella fascia di territorio a cavallo di quest'ultima i corsi d'acqua escono dalle valli montane e collinari confluendo in aree caratterizzate da leggere pendenze, caratterizzate da depositi alluvionali trasportati e depositati dalle acque nel corso dei secoli ed in cui i materiali depositati (ghiaia, limo, ecc.) hanno formato uno strato più o meno profondo e disposto a ventaglio verso la pianura (conoidi); la restante fascia territoriale, che ha come limite settentrionale il Fiume Reno, costituisce la fascia della pianura alluvionale, essenzialmente pianeggiante ed in cui i corsi

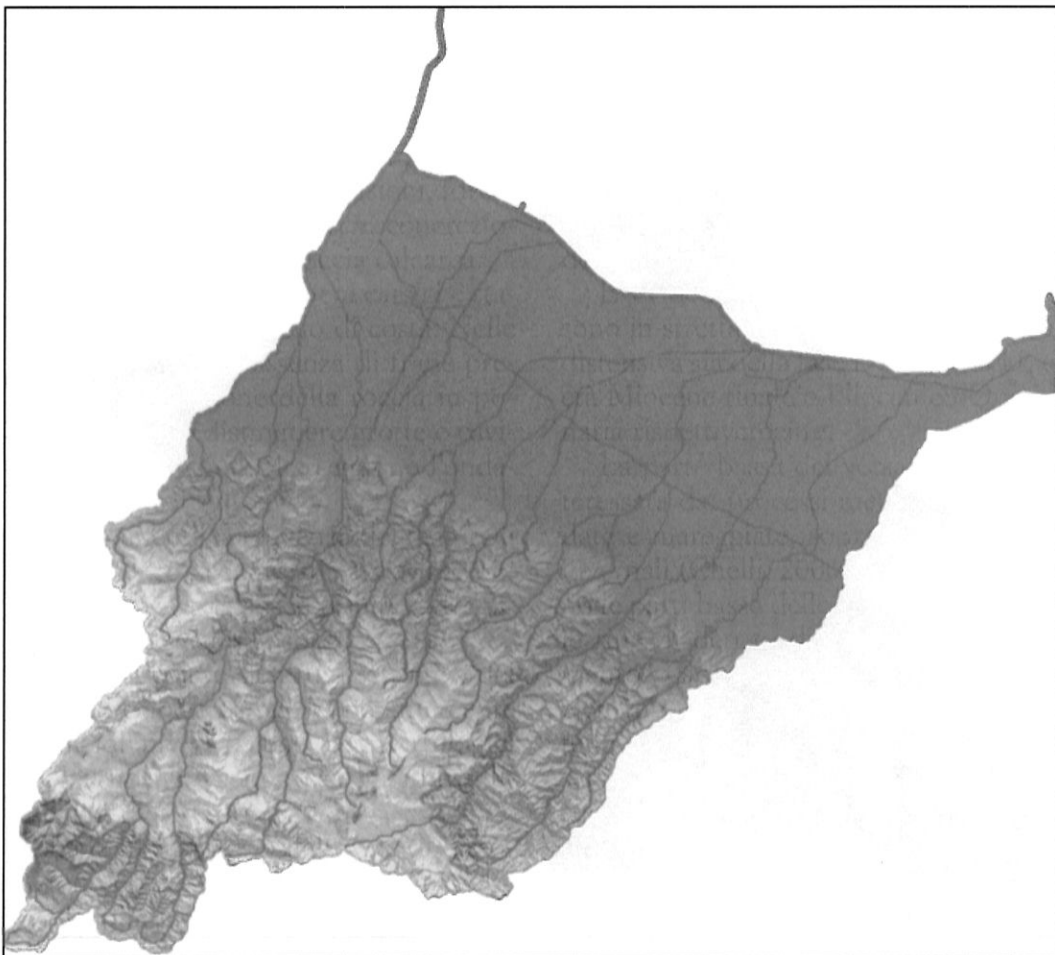



FIGURA 3 – *Modello Digitale di Elevazione del Bacino Idrografico del Fiume Reno.*

d'acqua scorrono lungo le arginature create dall'uomo.

La qualità delle acque superficiali

La conformazione del sistema orografico si riflette direttamente sulle caratteristiche dei corpi idrici e, in parte, sulla distribuzione delle pressioni antropiche, influenzando di conseguenza la qualità delle acque superficiali.

Il grado di antropizzazione del territorio è relativamente basso nella fascia montana, mentre aumenta procedendo verso la pianura dove gli insediamenti civili e produttivi determinano lo scarico di sostanze inquinanti nei corpi idrici superficiali e la captazione di volumi di acqua che determinano peraltro una

riduzione delle portate e una conseguente maggiore concentrazione degli inquinanti nel volume residuo. Anche l'attività agricola si intensifica procedendo verso la pianura, generando elevati carichi inquinanti di tipo diffuso che possono raggiungere i corpi idrici attraverso la rete scolante e irrigua contribuendo cosi al degrado qualitativo delle acque.

Procedendo dal tratto montano a quello di pianura i fiumi passano da una condizione di elevata naturalità ad una di elevata artificiosità. Nella fascia montana il Fiume Reno ed i suoi affluenti presentano caratteri che assicurano ad essi una buona capacità autodepurativa: il regime idrico è tipicamente torrentizio, la velocità di deflusso è sostenuta con elevato scambio di ossigeno atmosfera-acqua, la temperatura è bassa, le rive presentano una buona copertura vegetale. Nella fascia di pianura il contesto ambientale cambia radicalmente: i corpi idrici sono completamente arginati, le portate si riducono a causa dei maggiori prelievi, le acque riducono notevolmente la loro velocità di deflusso a causa della limitata pendenza del suolo, il che riduce la loro ossigenazione; cala di conseguenza la loro capacità autodepurativa, proprio nella fascia di territorio in cui la risorsa idrica subisce le maggiori pressioni in termini di carico inquinante.

In Figura 4 la qualità delle acque dei corpi idrici superficiali del Bacino del Fiume Reno è rappresentata attraverso il *Livello di Inquinamento dei Macrodescrittori* (LIM). Il LIM è un indicatore[1] che sintetizza l'impatto delle attività antropiche sulle acque, evidenziando prevalentemente l'inquinamento di tipo organico-microbiologico. Lo stato di qualità delle acque è espresso attraverso 5 livelli di inquinamento (da 1=qualità ottima delle acque a 5=qualità pessima) ad ognuno dei quali è associato un colore[2] al fine di agevolare la lettura sulla carta dello stato di qualità delle acque. I colori associati alla localizzazione delle stazioni di monitoraggio indicano una generale tendenza al peggioramento della qualità delle acque procedendo dalla fascia montana a quella di pianura, evidenziando l'esistenza di una fascia territoriale (quella a cavallo della via Emilia) di criticità in cui è evidente un aumento del grado di antropizzazione del territorio e una diminuzione dei caratteri di naturalità dei corsi d'acqua che si traduce inevitabilmente in una minore qualità delle acque superficiali (Fig. 4).

[1] Utilizzato per definire lo stato di qualità delle acque superficiali secondo le indicazioni dell'Allegato 1 « *Monitoraggio e classificazione delle acque in funzione degli obiettivi di qualità ambientale*» del D.Lgs. 152/1999 «*Disposizioni sulla tutela delle acque dall'inquinamento e recepimento della direttiva 91/271/Cee concernente il trattamento delle acque reflue urbane e della direttiva 91/676/Cee relativa alla protezione delle acque dall'inquinamento provocato dai nitrati provenienti da fonti agricole*».

[2] Secondo quanto stabilito dalla Direttiva 2000/60/CEE , *Direttiva quadro per l'azione comunitaria in materia di acque.*

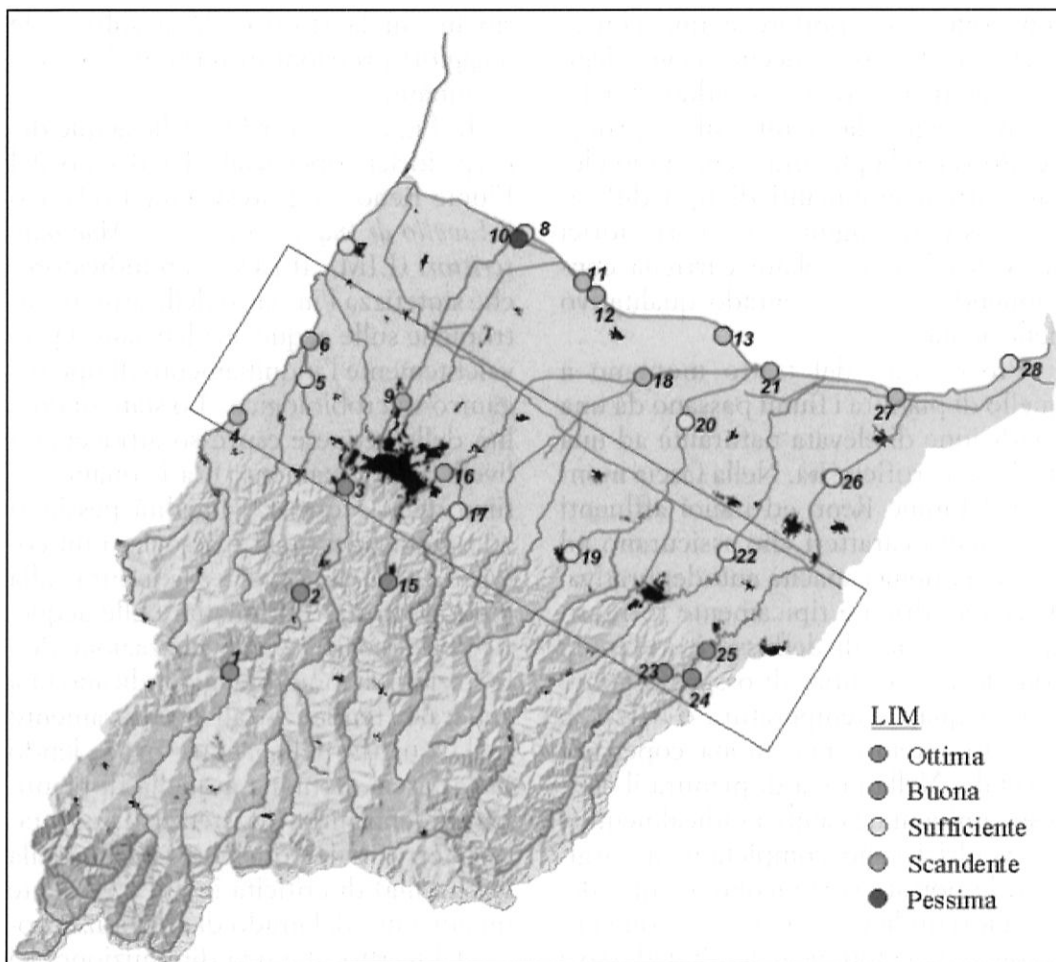



FIGURA 4 – *Stato qualitativo delle acque superficiali del Bacino idrografico del Fiume Reno.*

I caratteri ambientali

I Sistemi Informativi Geografici costituiscono un importante strumento di analisi e caratterizzazione del territorio a supporto delle indagini finalizzate alla valutazione della qualità delle acque, permettendo sia la rappresentazione dei caratteri ambientali attraverso la costruzione dei relativi tematismi che la loro correlazione ai fattori di pressione antropica individuati nell'area di indagine.

La prima fase dell'indagine ha riguardato la caratterizzazione del territorio dal punto di vista altimetrico. La realizzazione del tematismo altimetria, che ha permesso le successive analisi morfologiche della superficie del territorio indaga-

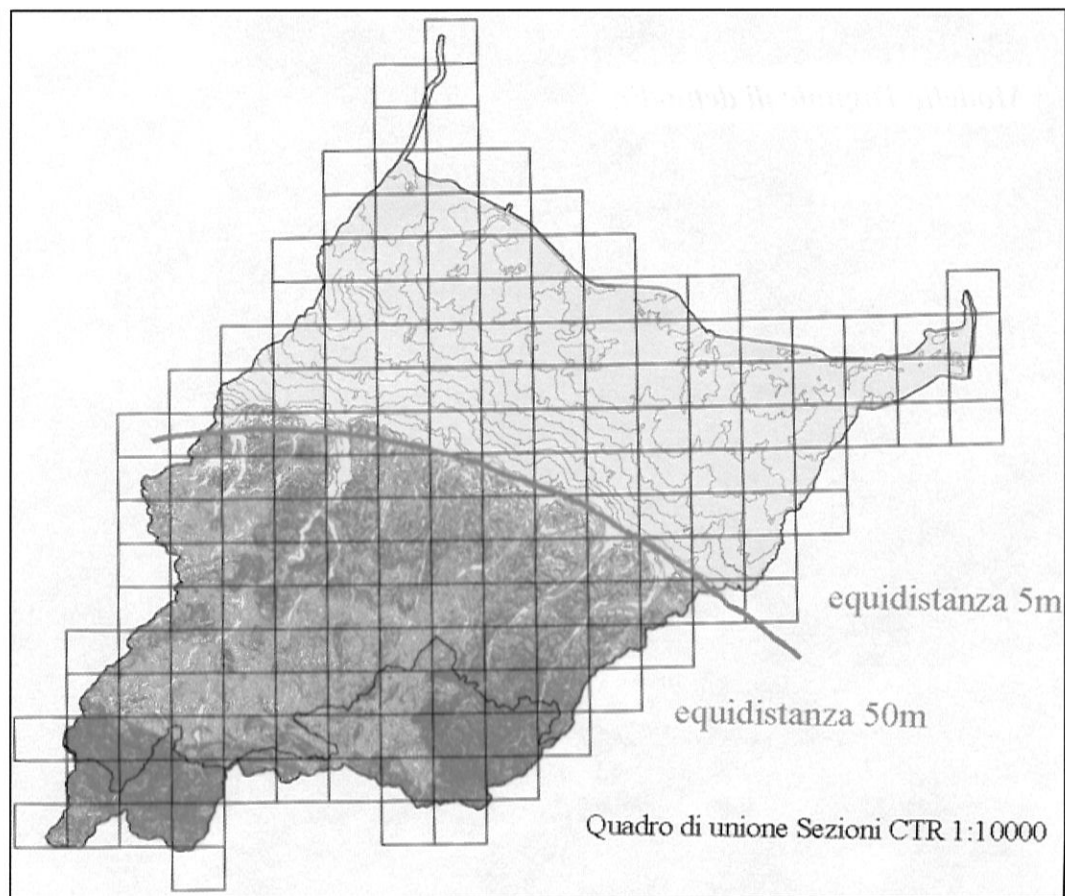



FIGURA 5 – *Altimetria del Bacino idrografico del Fiume Reno.*

to, è stata condotta attraverso l'elaborazione del dato altimetrico discreto (curve di livello e punti quotati) estrapolato dalle Carte Tecniche Regionali (CTR) in scala 1:500 e 1:10000 delle Regioni Emilia Romagna e Toscana. Tale elaborazione è stata preceduta da una fase preliminare di omogeneizzazione dei dati provenienti dai servizi cartografici delle due amministrazioni citate.

Per la caratterizzazione dell'intera area del Bacino idrografico del Fiume Reno è stata adottata un'equidistanza tra le curve di livello di 50 metri per le aree ricadenti in collina e montagna e di 5 metri per le porzioni di territorio ricadenti in pianura (Fig. 5).

L'altimetria e la morfologia del territorio sono caratteri strettamente relazionabili alla qualità delle acque superficiali per l'influenza sulle direzioni di scolo delle reti di drenaggio, sui feno-

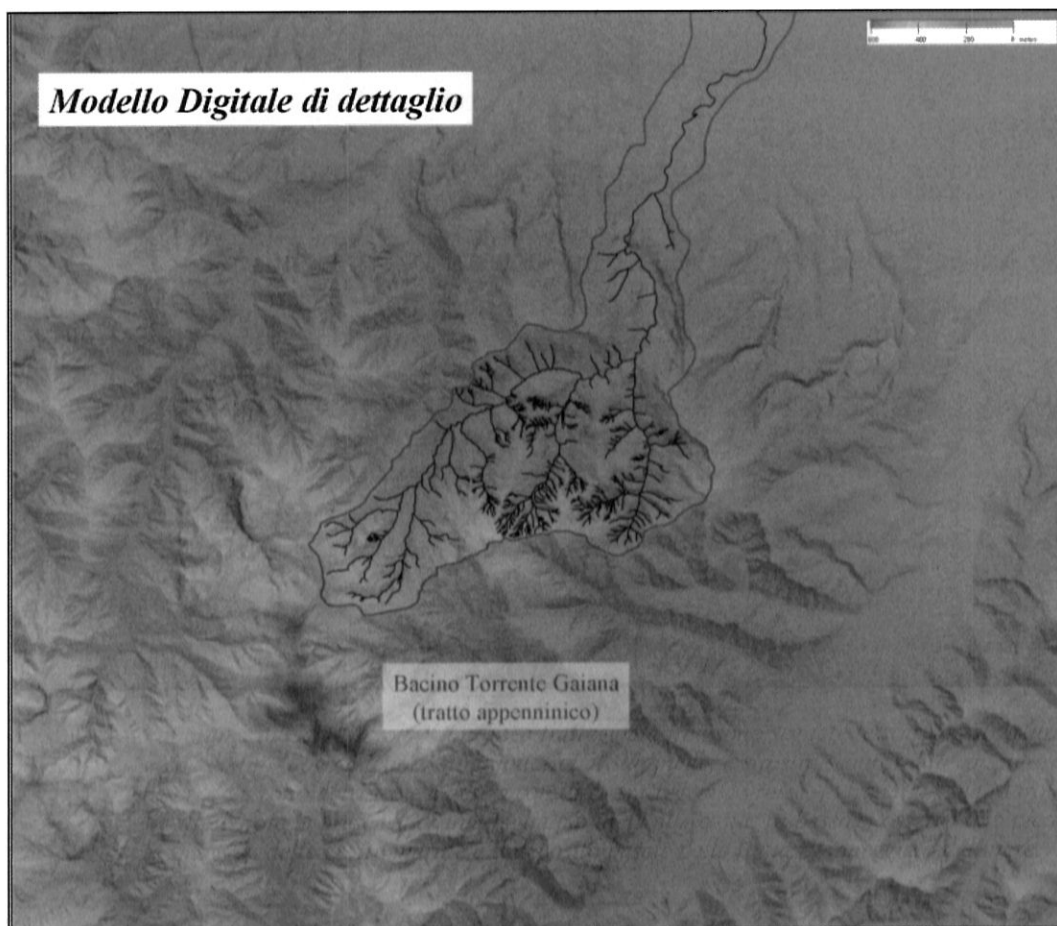



FIGURA 6 – *Modello Digitale di Elevazione di dettaglio - microbacino del Torrente Gaiana.*

meni erosivi e trasporto solido, nonché sulla distribuzione dei fattori di pressione antropica.

L'analisi a grande scala, condotta a livello di microbacino idrografico, è stata invece eseguita considerando un'equidistanza tra curve di livello di 10 metri anche per le porzioni di territorio ricadenti in collina e montagna. L'analisi di dettaglio di seguito presentata riguarda in particolare il territorio ricadente nel microbacino idrografico del Torrente Gaiana, pertinente al bacino del Torrente Idice.

L'elaborazione di tale tematismo attraverso il Software GIS IDRISI 32 ha permesso di derivare il relativo Modello Digitale di Elevazione (DEM) di dettaglio (Fig. 6).

Il DEM cosi derivato ha costituito un

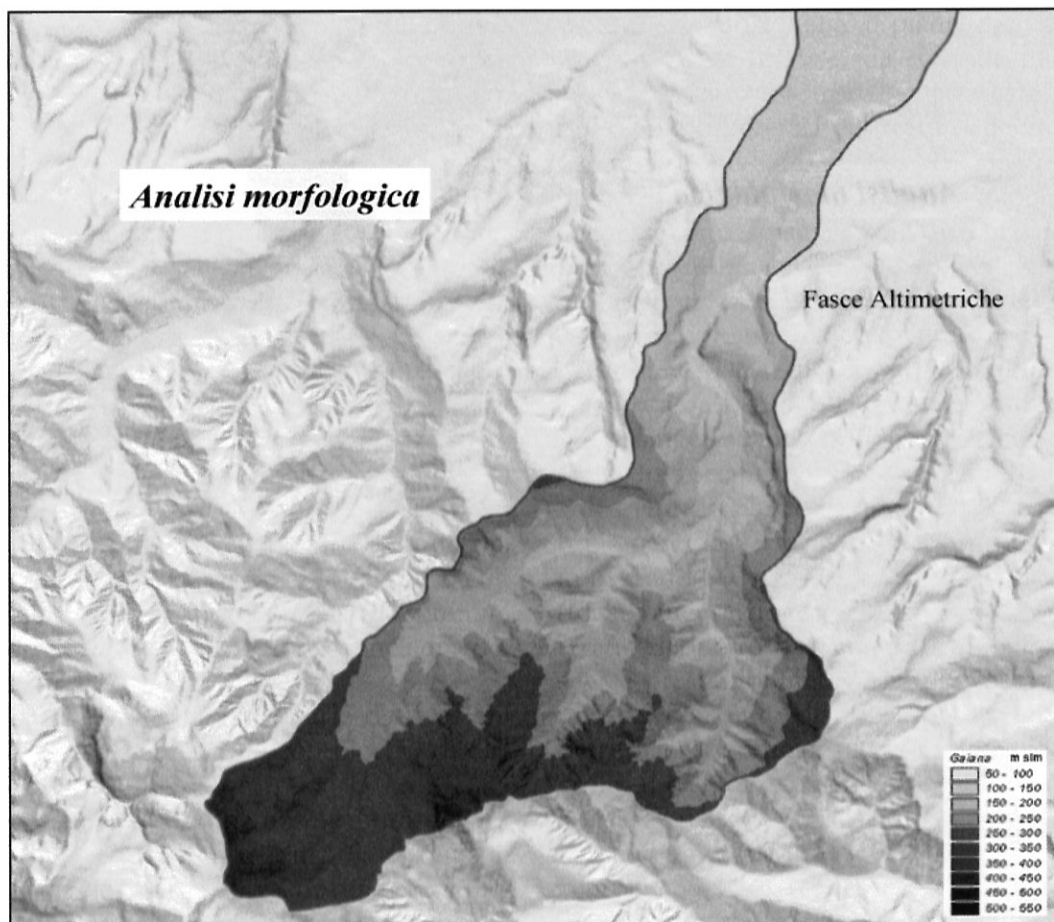



FIGURA 7 – *Fasce altimetriche - microbacino del Torrente Gaiana.*

modello continuo di dati necessario alle successive analisi e caratterizzazioni del rilievo condotte a grande scala: fasce altimetriche, pendenza dei versanti e caratteri del rilievo.

La riclassificazione del territorio in face altimetriche (Fig. 7) permette di individuare le grandi differenziazioni dell'area in relazione alla macromorfologia, alla distribuzione della vegetazione e ai caratteri climatici, elementi che nell'insieme influenzano il ciclo delle acque.

La pendenza dei versanti (Fig. 8), espressa dall'angolo formato dal versante con il piano orizzontale, influenza l'intensità del ruscellamento delle acque e quindi il trasporto a valle di materiale solido, nonché la possibilità di drenaggio delle acque nel sottosuolo; tale carattere condiziona inoltre lo svol-

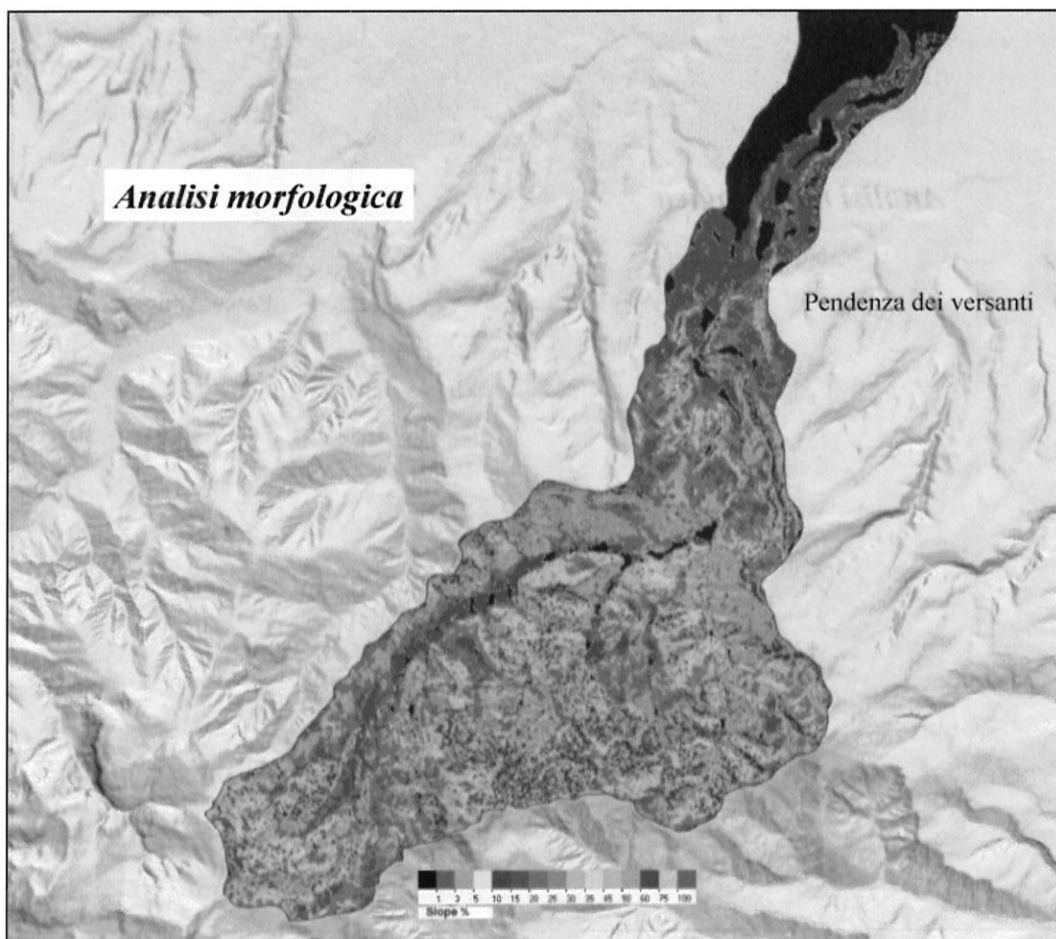



FIGURA 8 – *Pendenza dei versanti - microbacino del Torrente Gaiana.*

gimento delle attività agricole, relazionandosi in particolare alla possibilità di meccanizzazione delle operazioni colturali.

I caratteri del rilievo (Fig. 9) sono stati ulteriormente analizzati attraverso l'utilizzo del software GIS *LandSerf 1.8* che ha permesso la riclassificazione e il computo areale degli stessi in:
– aree pianeggianti;
– piani inclinati
– canali;
– crinali;
– cime isolate;
– passi.

I canali individuano le reti di scolo/drenaggio superficiale, ovvero identificano le aree verso cui l'acqua tende a scorrere mentre i crinali individuano linee di inizio scorrimento delle acque.

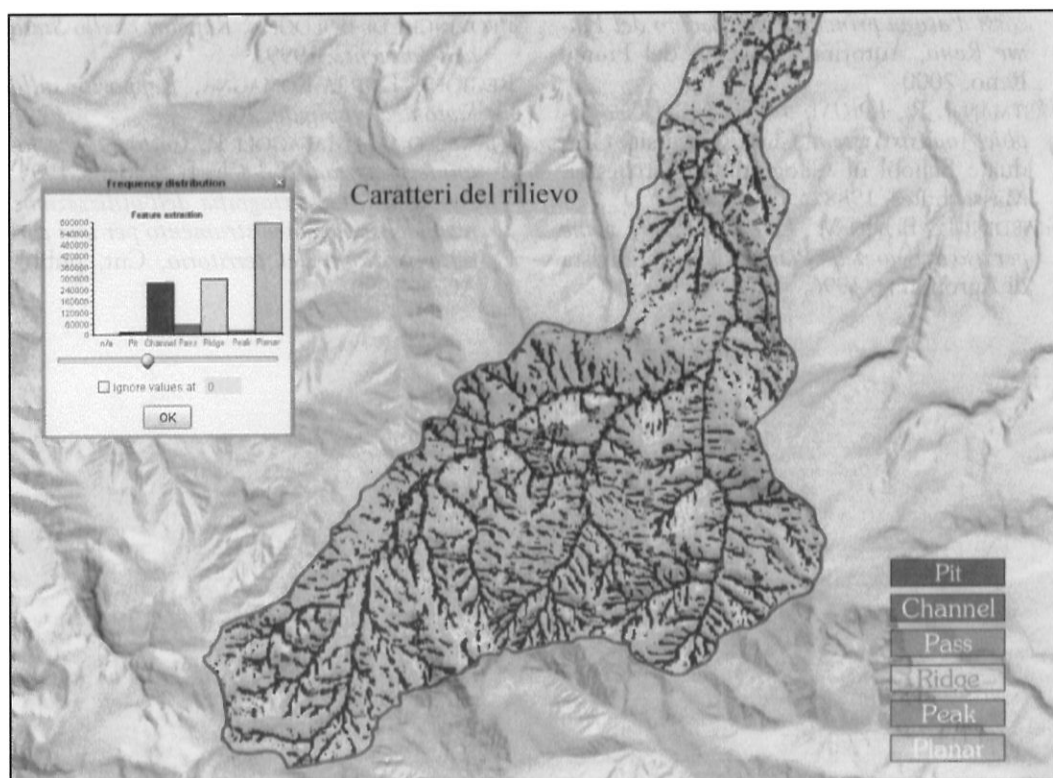



FIGURA 9 – *Caratteri del rilievo – microbacino del Torrente Gaiana.*

Nel complesso si tratta di importanti elementi conoscitivi del rilievo, in stretta relazione con la qualità delle acque superficiali.

Conclusioni

L'indagine condotta a livello di macrobacino idrografico del Fiume Reno e di microbacino idrografico del Torrente Gaiana ha messo in evidenza come una preliminare conoscenza dei caratteri morfologici a differente grado di dettaglio sia indispensabile per un corretto studio della qualità delle acque superficiali.

Bibliografia

BALLESTRA G., BERTOZZI R., BUSCAROLI A., GHERARDI M., VIANELLO G., *Applicazione dei Sistemi Informativi Geografici nella valutazione delle modificazioni ambientali e territoriali*, Franco Angeli, 1996.

CANCIANI L., DELL'AQUILA L., SALMOIRAGHI G., ZACCANTI F., *Qualità ambientale dei*

corsi d'acqua principali del Bacino del Fiume Reno, Autorità di Bacino del Fiume Reno, 2000

EASTMAN J. R., *IDRISI: a Grid-based Geographic Analisis System*, Clark University Graduate School of Geography, Worchester, Massachutes, 1988.

GIARDINI L., BORIN M., *La qualità delle acque per uso irriguo nella Pianura Padana*, Rivista di Agronomia, 1996.

PROVINCIA DI BOLOGNA, *Rapporto sullo Stato dell'ambiente*, 1999.

REGIONE EMILIA-ROMAGNA, *Rapporto sullo Stato dell'ambiente*, 2002.

VIANELLO G., MALAGOLI P., *Cartografia e fotointerpretazione*, Ed. Clueb, Bologna, 1995.

VIANELLO G., *La cartografia dell'utilizzazione reale del suolo come strumento per una corretta gestione del territorio*, Cnr, pubbl. AC/1, 1980.

LA CARTOGRAFIA DELLO STATO CHIMICO DELLE ACQUE SOTTERRANEE NEI PIANI DI TUTELA DELLE ACQUE

CHEMICAL STATUS OF GROUNDWATER MAPPING IN THE «WATER PROTECTION MASTERPLANS»

T. Di Meo (*), **D. Ducci** (**), **G. Onorati** (***)

(*) Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio-Task Force Ambiente - ARPAC e-mail: *tommaso.dimeo@tfambiente.it.*
(**) Dipartimento Ingegneria Geotecnica, Università «Federico II», Napoli - e-mail: *daniela@unina.it.*
(***) Agenzia Regionale per la Protezione Ambientale della Campania – ARPAC - e-mail: *g.onorati@arpacampania.it.*

Riassunto

In questo studio si propone una metodologia per la cartografia dello stato chimico delle acque sotterranee basata sulla sovrapposizione condizionale in ambiente GIS degli strati informativi relativi ai vari ioni che concorrono alla definizione qualitativa, secondo quanto previsto per la stesura dei Piani di Tutela delle acque.

Parole chiave: Piani Tutela Acque, stato chimico acque sotterranee, idrogeochimica.

Abstract

The present study proposes a methodology for mapping groundwater chemical status. The GIS method is based on the conditional overlapping of concentration layers of those ions. The quality of groundwater is needed for the compilation of the «Water Protection Masterplans».

Keywords: *Water Protection Masterplans, groundwater chemical status, hydrogeochemistry.*

Introduzione

La cartografia tematica costituisce uno strumento fondamentale per la protezione e la gestione delle acque sotterranee. È infatti a partire dalla rappresentazione territoriale dei corpi idrici sotterranei che possono essere messe a punto strategie integrate di limitazione e riconversione degli usi del suolo e di sfruttamento degli acquiferi. Nella consapevolezza di questi aspetti, il legislato-

re ha previsto che nei Piani di Tutela delle Acque (D.lgs. 152/99 e s.m.i.) lo stato ambientale delle acque sotterranee fosse definito in base allo stato quantitativo e chimico.

La classificazione dello stato chimico è determinata inizialmente tramite il confronto delle concentrazioni medie di sette parametri di base con soglie prefissate, attribuendo la Classe sulla base del valore di concentrazione peggiore.

La normativa richiede la «classificazione cartografica» e la «zonazione dei singoli corpi idrici sotterranei in base al rispettivo stato» ma non descrive la procedura da seguire e pertanto è necessario un approfondimento metodologico sulla cartografia dello stato chimico delle acque sotterranee. Si è quindi ritenuto opportuno approfondire questa tematica proponendo anche l'utilizzazione di tecnologie automatiche di analisi dati.

Nel presente studio è stato adottato un approccio avanzato, in ambiente GIS, basato sulla sovrapposizione dei tematismi (layers) relativi ai sette parametri di base e ad una successiva operazione condizionale che permette di pervenire alla Carta dello Stato Chimico assegnando la classe più penalizzante ad ogni sottoarea.

Area di studio e dati idrochimici

L'area oggetto dello studio è costituita dal margine settentrionale e sud orientale del Monte Somma-Vesuvio e dal territorio perivulcanico che degrada a nord verso la Piana Campana e a sud est verso la Piana del Fiume Sarno, delimitata dai massicci dei Monti Lattari e di Sarno (Fig. 1). È possibile distinguere il complesso vulcanico del Somma Vesuvio costituito prevalentemente da piroclastiti da flusso e lave in sequenze deposizionali complesse, dalle piane costituite da depositi alluvionali e detritici intercalate a piroclastiti da caduta, dai complessi calcarei e calcareo-dolomitici dei rilievi montuosi circostanti (Fig. 1).

Dal punto di vista idrogeologico si identificano un sistema di più falde sovrapposte intercomunicanti che a grande scala si comportano come una falda unica nelle Piane, un acquifero vulcanico radiale profondo per i versanti vesuviani e la falda unica ospitata dall'acquifero carbonatico dei rilievi montuosi di Sarno.

Per lo studio sono stati presi in considerazione i risultati del monitoraggio delle acque sotterranee condotti dall'ARPAC, ai sensi del D.Lgs. n.152/99, nel corso dell'anno 2003. I dati analitici, riportati nella Tab. 1, si riferiscono ad un set di 41 stazioni ricadenti nel territorio in esame (Fig. 2), estrapolato dalla rete di monitoraggio estesa all'intera regione.

L'analisi idrochimica evidenzia la presenza di acque molto mineralizzate con un contenuto elevato di sali disciolti e in Fluoruri, riconducibile all'origine vulcanica dell'acquifero vesuviano, che si attenua in prossimità dei rilievi carbonatici. Sempre ad una origine naturale (ambienti riducenti collegati ad una bassa velocità di filtrazione nell'acquifero sovente tamponato a tetto da spessori tu-

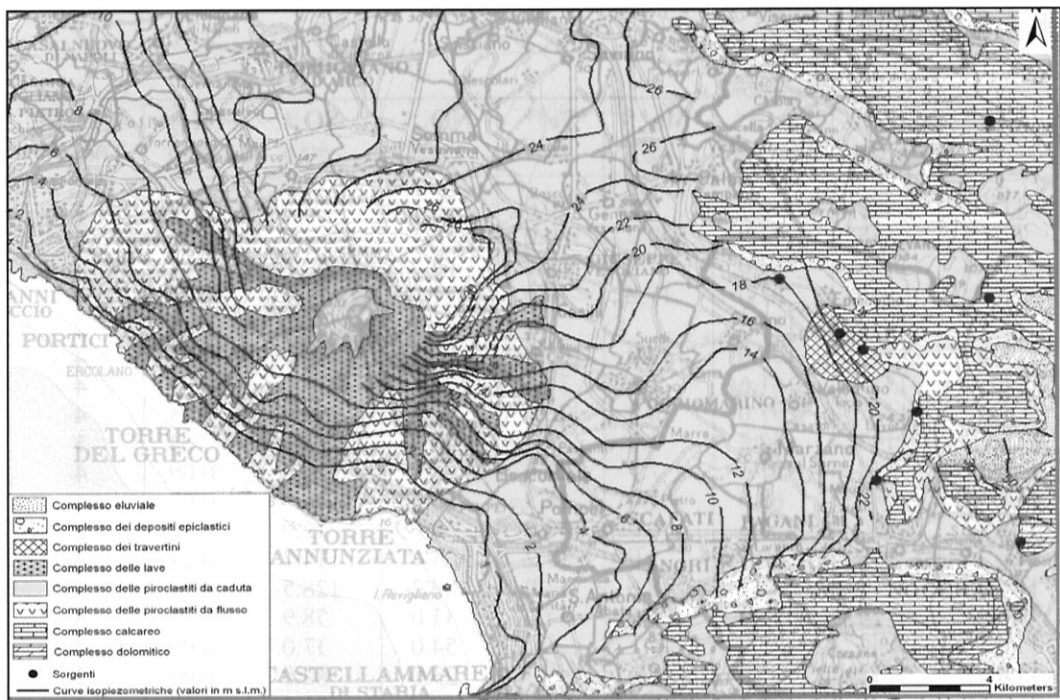



FIGURA 1 – *Schema idrogeologico dell'area di studio (da Celico et alii, 2003 ridisegnato e semplificato).*

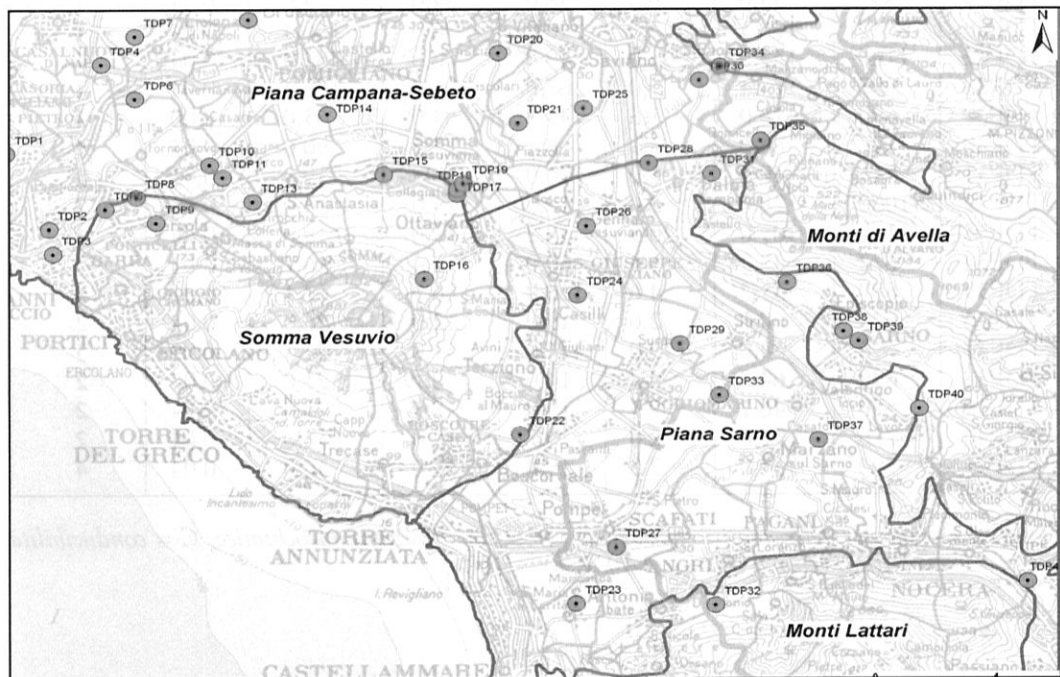
FIGURA 2 – *Ubicazione dei punti d'acqua considerati nell'ambito dei vari Corpi Idrici Sotterranei e relativa numerazione (cfr. Tab. 1).*

Nome	C *mS/cm*	Cl^- *mg/l*	Mn^{++} *mg/l*	Fe^{++} *mg/l*	NO_3^- *mg/l*	$SO_4^=$ *mg/l*	NH_4^+ *mg/l*	CLASSE TAB. 20
TDP1	982	42.0	9.5	50.0	38.4	103.0	0.04	3
TDP2	1178	71.7	549.0	184.0	0.1	162.0	0.37	3
TDP3	1112	74.0			60.0	122.5	0,09	4
TDP4	969	67.0	17.2	16.0	27.4	71.1	0.02	3
TDP5	1252	115.3			11.2	170.0	0,09	2
TDP6	1822	125.0	39.0	103.0	90.0	470.0	0,01	4
TDP7	1313	61.6	1.1	71.1	142.1	233.0	0.05	4
TDP8	1472	97.0	0.8	26.0	47.4	254.0	0.03	4
TDP9	1145	72.2	5.0	3.3	49.9	124.7	0.04	3
TDP10	813	71.1	7.5	220.0	94.4	123.2	0.09	4
TDP11	1042	69.0	5.0	17.2	60.0	95.0	0.08	4
TDP12	580	8.6	6.0	47.0	9.0	12.9	0.07	2
TDP13	917	80.5	5.0	15.2	103.4	114.7	0.24	4
TDP14	1110	84.1	8.6	14.0	89.2	128.5	0.06	4
TDP15	774	51.8	5.0	34.0	33.0	58.9	0.02	3
TDP16	846	58.0			54.0	37.0	0,09	4
TDP17	718	61.0			23.0	82.0	0,09	2
TDP18	886	59.0			42.0	83.3	0,09	3
TDP19	976	72.7	5.0	68.5	66.4	95.3	0.03	4
TDP20	1268	77.5	1.9	72.0	118.0	166.5	0.03	4
TDP21	1074	74.2	1.0	45.0	111.0	104.1	0.10	4
TDP22	1790	230.0	357.4	612.5	1.0	140.0	0.00	3
TDP23	650	35.0	50.0	512.0	76.0	48.5	0,04	4
TDP24	1060	110.0	2.7	19.0	130.0	105.0	0,04	4
TDP25	831	55.0	9.0	58.0	64.0	75.9	0.04	4
TDP26	1030	106.3	5.0	556.0	96.0	166.4	0.04	4
TDP27	1160	135.0	803.0	46.0	6.0	282.0	0,04	4
TDP28	958	74.4	5.0	67.0	96.0	166.4	0.03	4
TDP29	690	78.0	1.6	33.8	83.0	63.0	0.00	4
TDP30	1127	88.6	3.7	8.8	73.3	90.0	0.03	4
TDP31	845	49.6	5.0	170.0	29.9	39.0	0,01	3
TDP32	1000	28.0	2.0	19.0	25.0	24.0	0,04	2
TDP33	1190	103.0	20.3	38.2	139.0	139.0	0,04	4
TDP34	672	42.5	1.4	60.0	11.4	16.7	0,01	3
TDP35	889	53.2	4.6	110.0	86.9	67.1	0,01	4
TDP36	620	60.0	2.0	19.0	12.0	26.0	0,04	2
TDP37	690	64.0	149.0	477.0	31.0	41.5	0.00	3
TDP38	620	64.0	0.2	14.0	8.7	21.0	0,04	2
TDP39	470	46.1	7.3	19.0	8.9	21.0	0,04	2
TDP40	770	57.0	2.0	79.7	15.0	36.0	0,04	2
TDP41	590	14.0	2.0	19.0	67.0	36.0	0,04	4

TABELLA 1 – *Tabella delle analisi considerate per la classificazione idrochimica; C = conducibilità elettrica (dati di base da AA.VV 2003, 2004).*

	UNITÀ DI MISURA	CLASSE 1	CLASSE 2	CLASSE 3	CLASSE 4	CLASSE 0
Conducibilità	µ S/cm	£ 400	£ 2500	£ 2500	>2500	>2500
Cloruri	mg/l	£ 25	£ 250	£ 250	>250	>250
Manganese	mg/l	£ 20	£ 50	£ 50	>50	>50
Ferro	mg/l	£ 50	£ 200	> 200	>200	>200
Nitrati	mg/l	£ 5	£ 25	£ 50	>50	
Solfati	mg/l	£ 25	£ 250	£ 250	>250	>250
Ione Ammonio	mg/l	£ 0,05	£ 0,5	£ 0,5	>0,5	>0,5

TABELLA 2 – *Classificazione chimica dai parametri di base (Tabella 20 Dlgs. 152/99 e s.m.i).*

facei poco permeabili e con diffusa presenza di materiale organico) è attribuibile la presenza di ferro e manganese in concentrazioni localmente anche molto elevate, in particolar modo sul versante sud-orientale del Vesuvio e nella Piana del Sarno. Di origine antropica, riconducibile all'uso agricolo intensivo del territorio e ad una parziale contaminazione da reflui, risulta invece essere la presenza di nitrati in concentrazioni molto elevate nell'intera area vesuviana e, limitatamente all'area nord-occidentale, di ammonio. Tali inquinanti pregiudicano irrimediabilmente la qualità delle acque sotterranee (Fig. 3), che complessivamente oscilla tra le Classi 3 e 4 con le sole acque degli acquiferi carbonatici in Classe 2 (Tabelle 1 e 2).

Definizione dello Stato Chimico

Il D.Lgs. n. 152/99 richiede la classificazione dello Stato Ambientale delle acque sotterranee sulla base anche della definizione dello Stato Chimico.

Lo Stato Chimico valuta l'impatto antropico sulle caratteristiche idrochimiche dei corpi idrici sotterranei. Sono definite cinque Classi di qualità: 1, 2, 3, 4 e Classe 0, con riferimento ai valori di concentrazione di sette parametri di base, riportati in Tab. 1, e addizionali, sulla base di quanto previsto dall'All. 1 al D.Lgs. n. 152/99. La classificazione è determinata tramite il confronto delle concentrazioni medie di ciascun parametro con soglie prefissate, attribuendo la Classe sulla base del «valore di concentrazione peggiore riscontrato nelle analisi dei diversi parametri» (All. 1 D.lgs 152/99, par. 4.4.2, Tab. 2 allegata); la Classe 0 indica che il superamento della soglia è dovuto a origine naturale.

Metodologia proposta

La normativa tecnica citata prescrive la definizione del modello concettuale dell'acquifero nonché la «classificazione cartografica» e la «zonazione dei singoli corpi idrici sotterranei in base al rispettivo stato» ma non indica espressamente la procedura da seguire per la «territorializzazione» dei dati puntuali. È quindi di notevole rilevanza, sia scientifica che ope-

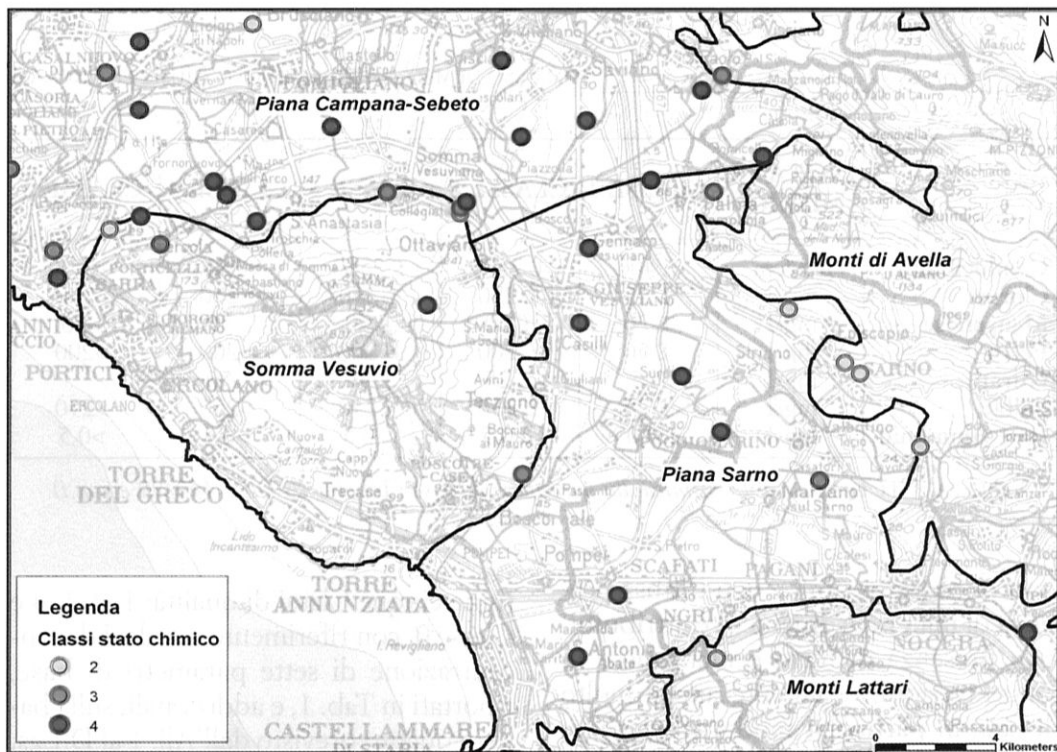



FIGURA 3 – *Classificazione idrochimica dei punti d'acqua considerati nell'ambito dei vari Corpi Idrici Sotterranei.*

FIGURA 4 – *Interpolazione effettuata tramite Kriging delle classi dello stato chimico nell'ambito dei vari Corpi Idrici Sotterranei.*

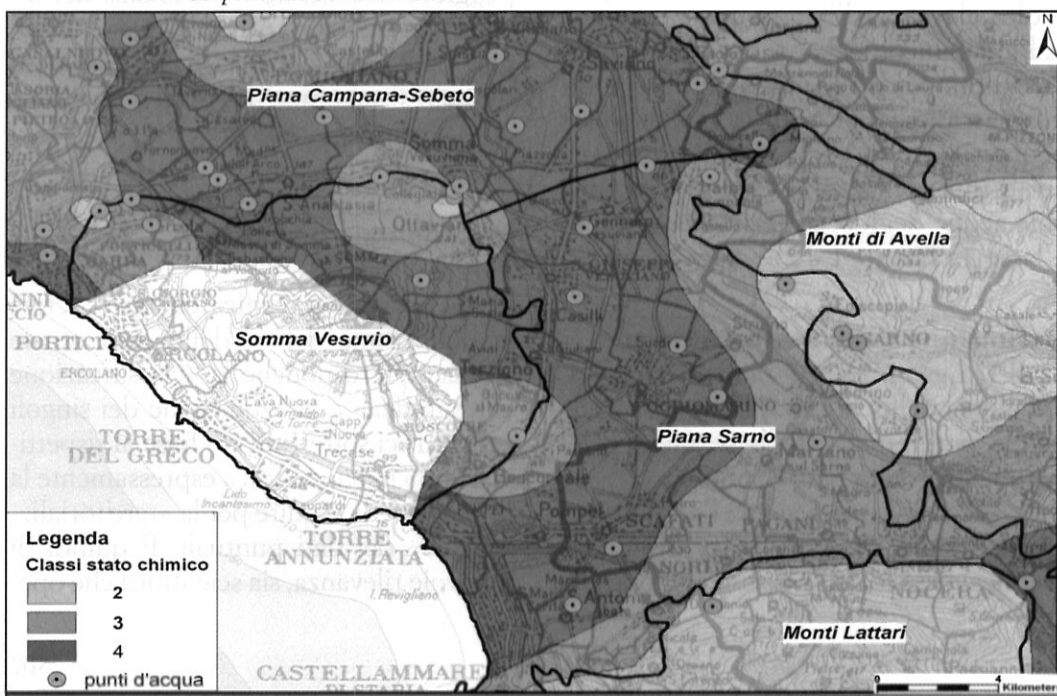
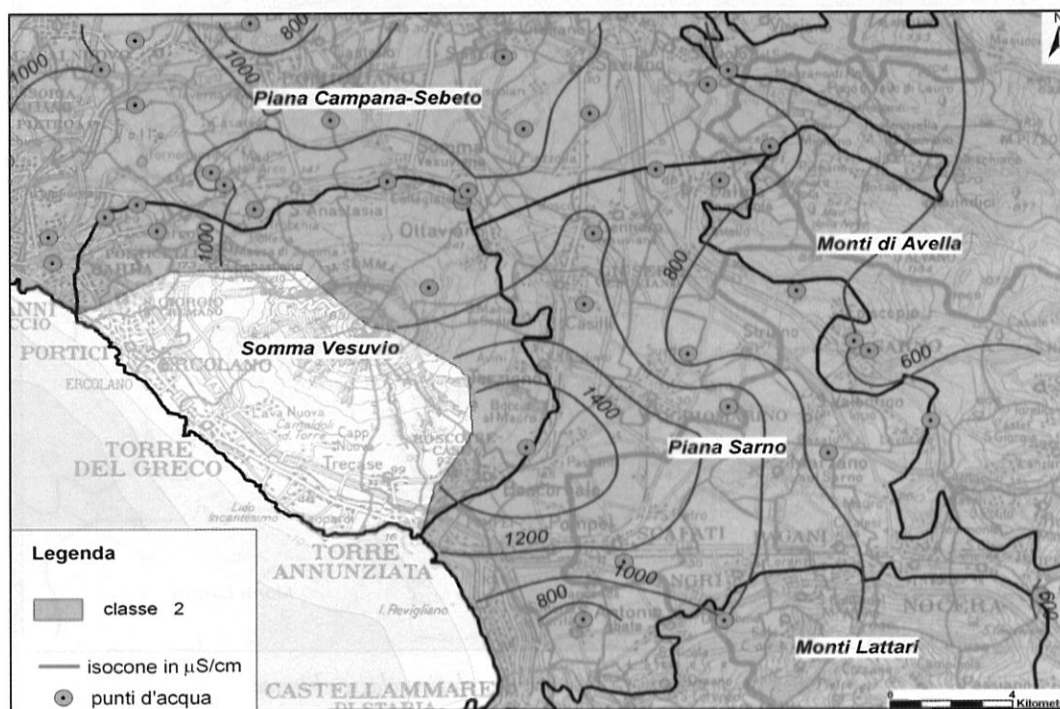



FIGURA 5 – *Isocone della conducibilità e relativa classe chimica.*

rativa la messa a punto di metodologie consolidate per la rappresentazione cartografica dei dati idrochimici e delle classificazioni previste dalla normativa. Fra l'altro la scelta del metodo cartografico condiziona fortemente gli esiti della classificazione: ad esempio una carta interpolata tramite tecniche automatiche in alcuni casi delimita aree con Classi fittizie (tra punti a Classe 4 e 2, individua sempre la Classe 3). Si è ritenuto quindi significativo verificare la validità di un approccio avanzato, in ambiente GIS, basato su:

- costruzione delle carte di isoconcentrazione, con interpolazione guidata in base ai corpi idrici e al flusso idrico sotterraneo (Figg. 5-9);
- classificazione dei tematismi idrochimici (All. 1, tab. 20);
- sovrapposizione dei tematismi (layers) e operazione condizionale per assegnare la classe ad ogni sottoarea (Fig. 10).

In particolare è stata effettuata un'analisi comparata fra il metodo di interpolazione, tramite kriging, dei risultati puntuali della classificazione dello stato chimico (Fig. 4), e la sovrapposizione di carte di isoconcentrazione dei parametri idrochimici di base. A tal fine sono state elaborate e incrociate le carte tematiche relative ai parametri di base della classificazione (si riportano nelle Figg. 5-9 gli esempi più rilevanti) per

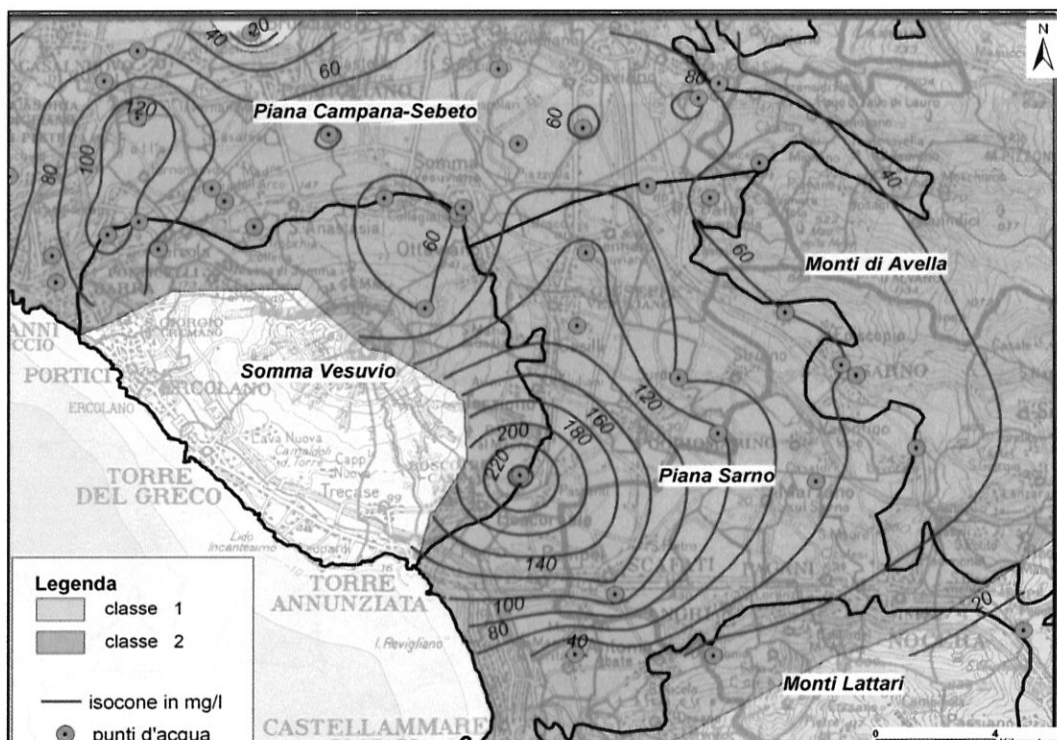



FIGURA 6 – *Isocone dei cloruri e relativa classe chimica.*

FIGURA 7 – *Isocone dei nitrati e relativa classe chimica.*

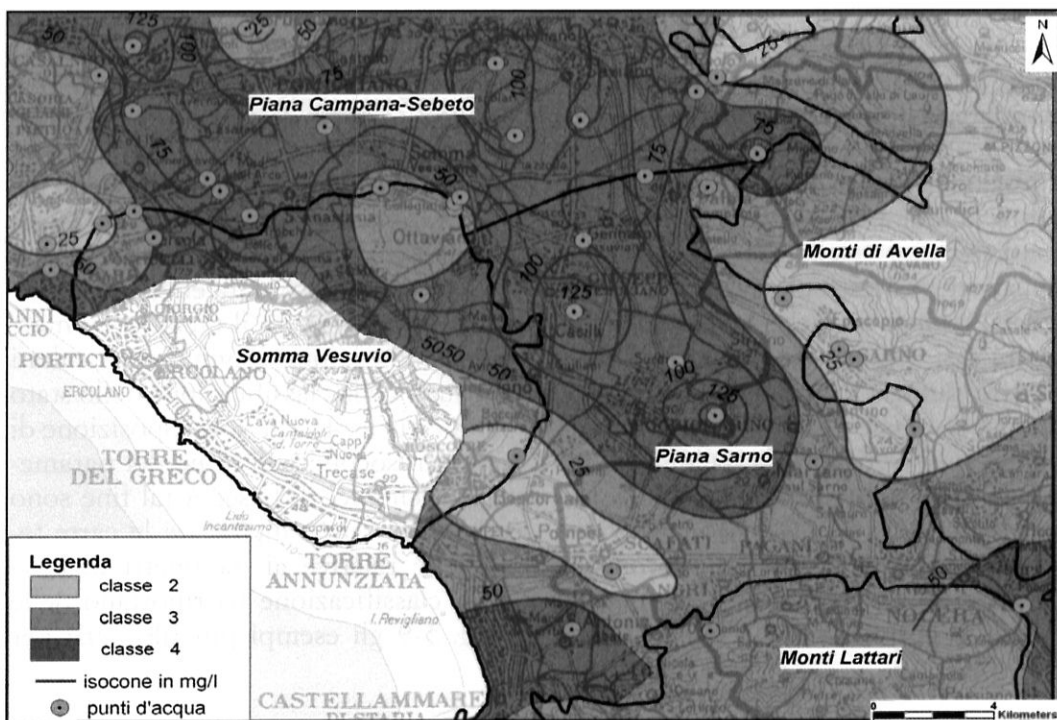
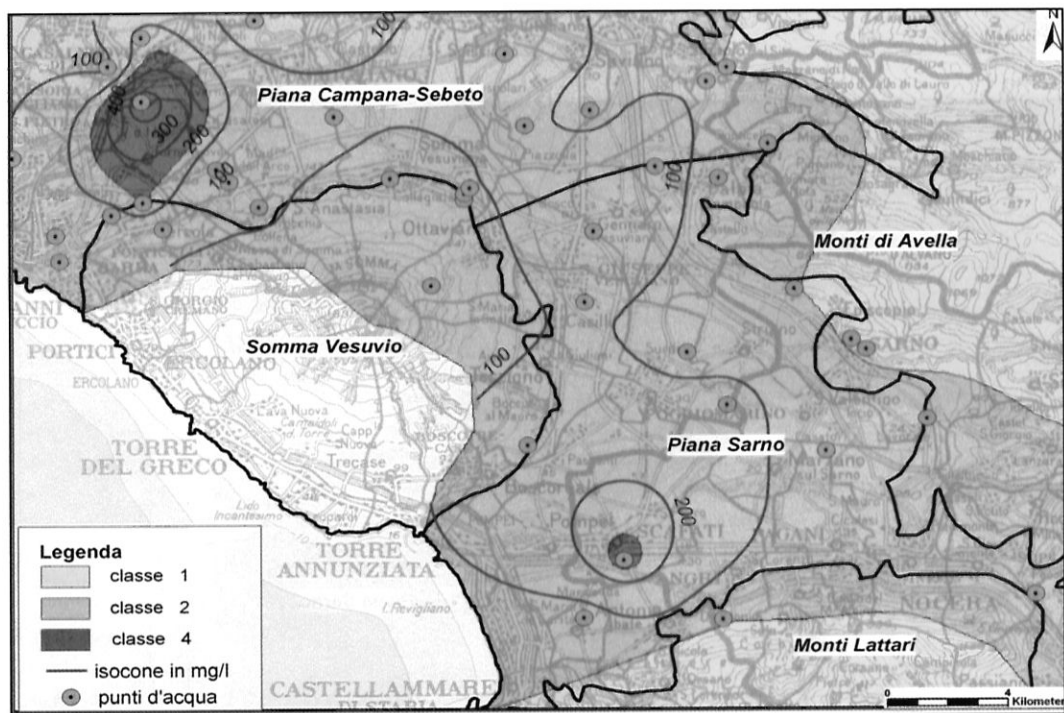



FIGURA 8 – *Isocone dei solfati e relativa classe chimica.*

FIGURA 9 – *Isocone dell'ammonio e relativa classe chimica.*

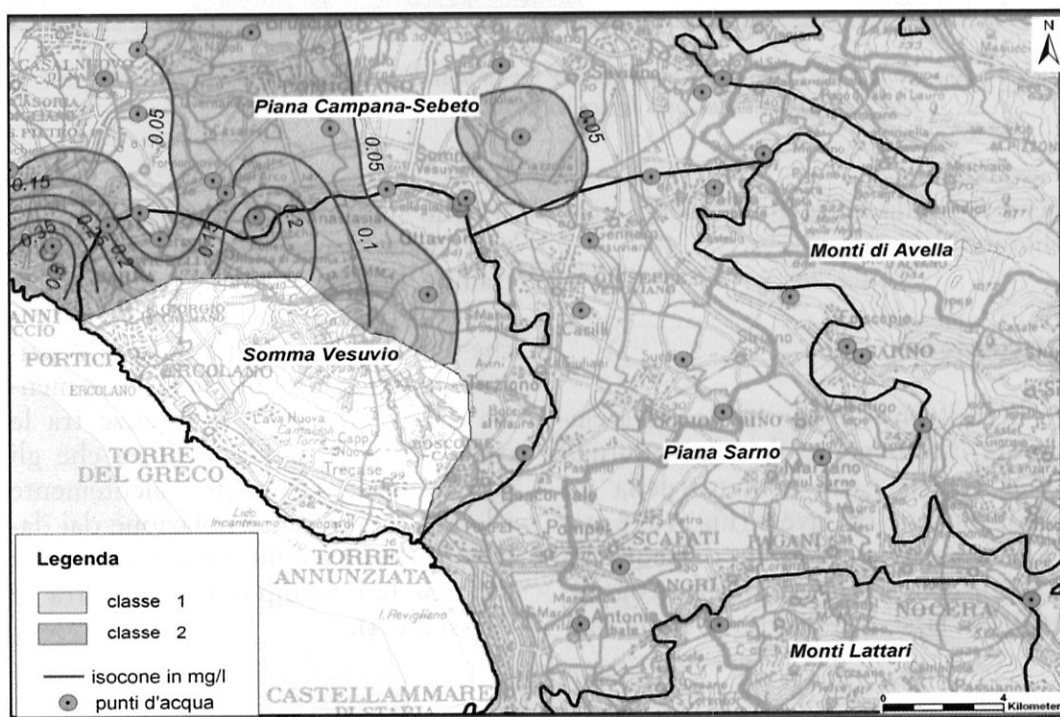
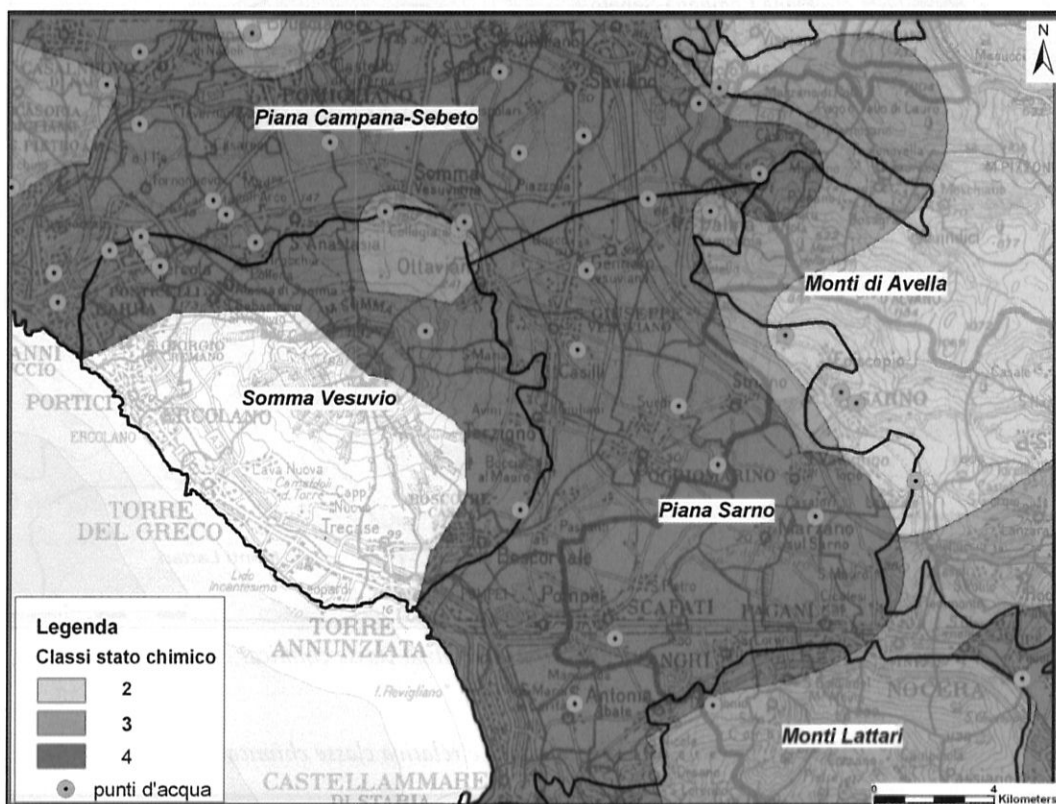



FIGURA 10 – *Zonazione delle classi chimiche da sovrapposizione dei layers precedenti (figg. 5 ÷ 9) nell'ambito dei vari Corpi Idrici Sotterranei.*

pervenire alla carta finale dello stato chimico (Fig. 10).

Discussione

Il confronto areale fra la carta elaborata direttamente dai dati puntuali (Fig. 4) e la carta risultato della sovrapposizione fra layers (Fig. 10) è stato effettuato sia in termini di frequenza statistica che di distribuzione geografica delle classi. Dal confronto tra le classi dello stato chimico degli areali ricavati dalla zonazione rispettivamente tramite kriging e sovrapposizione dei layers dei vari ioni (Fig. 11) si osserva che l'interpolazione tende a sovrastimare le superfici nelle classi 3 e 4, mentre dalla carta delle differenze tra le carte citate (Fig. 12) si rileva che gli scarti corrispondono prevalentemente alle aree in cui l'interpolazione dai dati puntuali crea delle cosiddette «classi fittizie» (ad esempio Classe 3 fra le Classi 2 e 4).

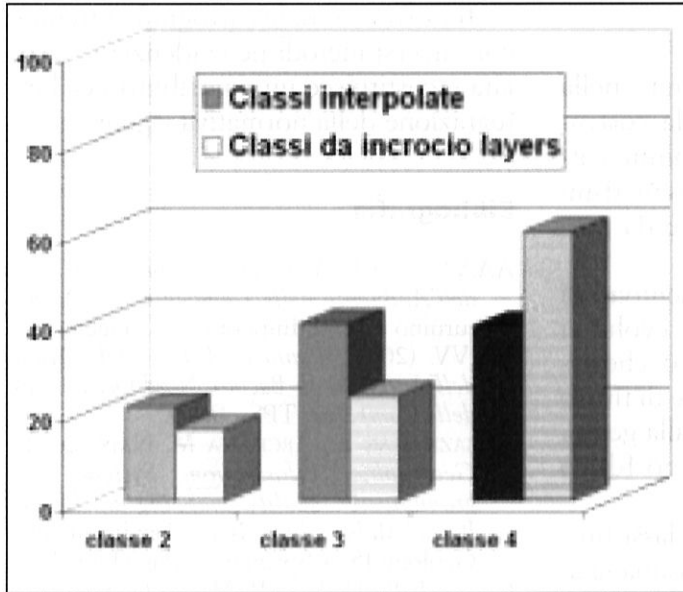
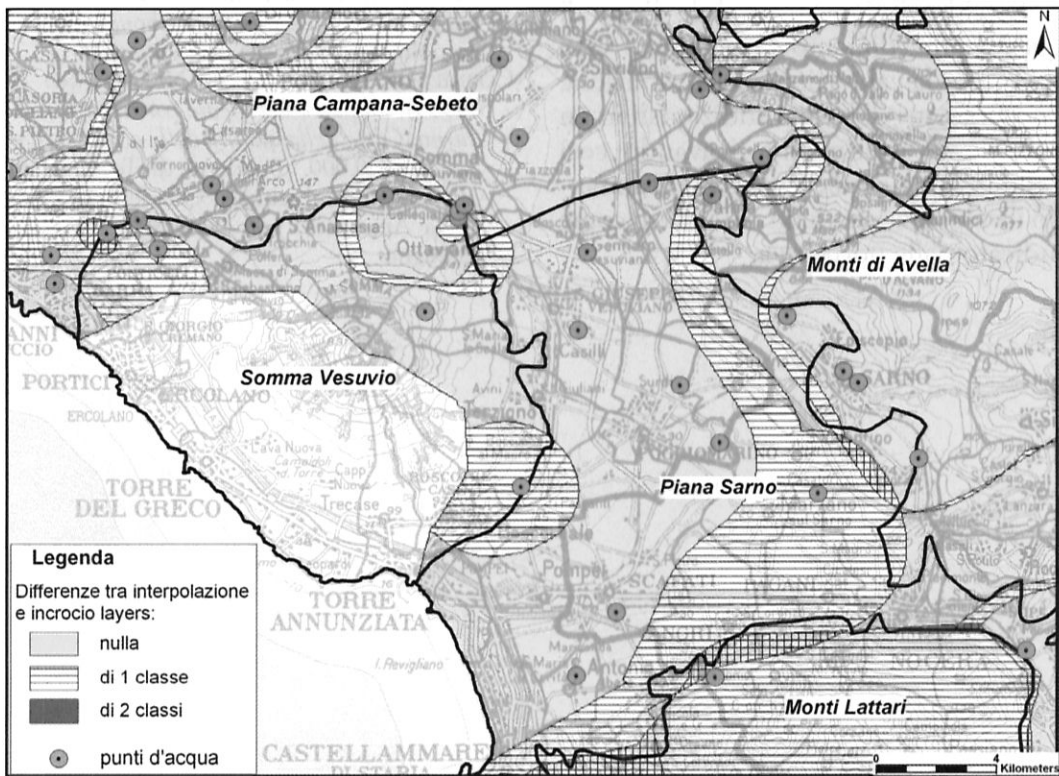



FIGURA 11 – *Confronto percentuale tra le classi dello stato chimico degli areali ricavati dalla zonazione tramite kriging e tramite sovrapposizione dei layers dei vari ioni.*

FIGURA 12 – *Differenze tra la zonazione dello stato chimico ricavata tramite kriging e tramite sovrapposizione dei layers dei vari ioni.*

Conclusioni

Sulla base di quanto illustrato nella discussione si sottolinea che la costruzione della carta dello stato chimico attraverso sovrapposizione dei tematismi idrochimici (layers) (Fig. 10) è da preferirsi in quanto:

- le carte a curve isocone consentono di evidenziare quei fenomeni evolutivi dal punto di vista idrochimico, che avvengono secondo la direzione di flusso e sono talora condizionati dalla geologia di base e quindi dal Corpo Idrico Sotterraneo;
- si evita la delimitazione di Classi fittizie non corrispondenti a nessuna analisi, ma derivanti dall'interpolazione.

Sarebbe infine auspicabile l'uso di questo procedimento in ambiente GIS anche per la valutazione della variazione dei parametri di base o addizionali in un periodo di riferimento ricavando così delle isocone medie e non già utilizzando il valore medio di un parametro come indicato dalla normativa.

Il raffronto fra le cartografie ottenute con diversi metodi ne evidenzia le criticità e costituisce un contributo per l'integrazione della normativa vigente.

Bibliografia

AA.VV. (2003), *Seconda Relazione sullo stato dell'Ambiente della Campania*, ed. A. Saturnino e M. L. Imperatrice, Gangemi.

AA.VV. (2004), *Piano di Tutela delle Acque dell'Autorità di Bacino Nord-Occidentale della Campania.* TPS - Selca.

Anbazhagan S., Archana M. Nair (2004), *Geographic Information System and groundwater quality mapping in Panvel Basin, Maharashtra, India.* Environmental Geology 45, 6. Springer-Verlag Heidelberg

Celico P. B., De Vita P., Monacelli G., Scalise A.R., Tranfaglia G. (2003), *Carta Idrogeologica dell'Italia Meridionale.* Istituto poligrafico e Zecca dello Stato.

Corniello A., Ducci D., Napolitano P. (1995), *La piana del medio corso del F. Volturno: Carta della qualità delle acque sotterranee 1/50.000.* Quaderni di Tecniche di Protezione Ambientale - Quaderni di Geologia Applicata, 1, 3.499-3.505, Pitagora, Bologna.

UTILIZZO DI TECNOLOGIE GIS E TELERILEVAMENTO PER UNA STIMA DELLA CONCENTRAZIONE DI CLOROFILLA NEL GOLFO DI TRIESTE: NUOVE COMPARAZIONI FRA DATI ANALITICI E INFORMAZIONI RICAVATE DAL SATELLITE

Andrea Favretto (*), **Giovanni Mauro** (**), **Cinzia De Vittor** (***), **Pierluigi Barbieri** (*)

(*) Università degli Studi di Trieste.
(**) CETA (Centro Ecologia Teorica ed Applicata), Gorizia.
(***) Laboratorio di Biologia Marina di Trieste.

Il presente lavoro è stato realizzato in piena collaborazione fra gli Autori, tuttavia a fini concorsuali si precisa che a Giovanni Mauro si deve l'elaborazione dei dati satellitari, a Cinzia De Vittor la parte relativa ai dati sulla clorofilla a rilevati nel Golfo di Trieste, a Pierluigi Barbieri l'analisi statistica dei dati, il resto del lavoro ad Andrea Favretto.

Introduzione

Il presente lavoro costituisce lo sviluppo di un precedente studio[1] nel quale, tramite l'integrazione di analisi tradizionali con tecniche di telerilevamento, si è cercato di costruire un semplice modello lineare utile a superare i limiti spaziali imposti dal monitoraggio puntuale nella determinazione della concentrazione di clorofilla *a* in ambito marino costiero. I risultati ottenuti hanno evidenziato la potenzialità di questa metodologia, che viene ampiamente utilizzata in ambienti marini ed oceanici (e.g.: Asmat et al., 2003), oltre che fluviali (e.g.: Ritchie e Cooper, 2001) e lacustri (Baruah et al., 2001; De Francesco et al., 2003).

La determinazione della concentrazione di clorofilla *a*, che rappresenta il pigmento prevalente degli organismi fitoplanctonici, è una delle analisi maggiormente utilizzate nei programmi di ricerca e di monitoraggio per la stima indiretta della biomassa algale e della sua produttività[2].

[1] Favretto A., De Vittor C., Barbieri P., 2001. *Utilizzo di tecnologie Remote Sensing per una stima della concentrazione di clorofilla nel Golfo di Trieste: comparazione con dati analitici*, Atti della V Conferenza ASITA, Rimini, 9-12 Ottobre 2001, Vol.II, pp. 779-784.

[2] La clorofilla *a* costituisce un indicatore ecologico di provata affidabilità. La valutazione dello stato tro-

Nel precedente lavoro le concentrazioni di clorofilla *a*, ottenute per via analitica, sono state confrontate con la banda verde di un'immagine satellitare Landsat 7 rilevata nel Golfo di Trieste nello stesso periodo in cui venivano eseguiti i campionamenti puntuali (autunno 1999). Attraverso il calcolo della regressione lineare fra le due variabili (banda verde dell'immagine satellitare e clorofilla *a* campionata in loco), è stato ottenuto un coefficiente di correlazione r pari a 0.79 e, conseguentemente, è stata stimata la concentrazione della clorofilla *a* nell'intero Golfo.

In questo lavoro sono state analizzate due immagini del sensore Aster (satellite Terra), relative al 3 settembre 2003. Per affinare i risultati conseguiti nel precedente studio, ai dati campionati in loco ed ai valori della banda verde del satellite sono stati affiancati i valori della banda termica del sensore; in questo modo, l'elaborazione è stata effettuata utilizzando tre variabili. È stato così possibile stimare un piano di regressione (anziché una retta), ed ottenere un valore del coefficiente r leggermente più alto rispetto a quello calcolato nell'elaborazione eseguita su due sole variabili. Sulla base del piano di regressione così ottenuto, è stata stimata la distribuzione spaziale della concentrazione di clorofilla *a* nelle acque superficiali dell'intero Golfo di Trieste.

Area studio

Il Golfo di Trieste, ubicato nella parte più settentrionale ed orientale del mare Adriatico, si estende da Punta Tagliamento a Punta Salvore. Il bacino, la cui area ha un'estensione di circa 600 km^2 per un volume d'acqua di 9,6 km^3, è contornato dalle coste della penisola istriana, dall'altopiano carsico e dalle coste connesse alla piana alluvionale veneto-friulana (Rossi et al., 1968).

I1 fondale, con profondità decrescente in direzione sudnord, è fortemente influenzato dagli apporti sedimentari: nella parte orientale scende rapidamente fino alla profondità di 20 m, mentre ad ovest, per la presenza dei sedimenti isontini, la pendenza è più dolce (circa 3 m/km) fino a raggiungere 1112 m (Brambati e Catani, 1988). La profondità media è di circa 17 metri, con un massimo di 25 nell'area centro-orientale. L'area occidentale è caratterizzata da spiagge sabbiose che si estendono tra la laguna di Grado e Marano e la baia di Panzano. Le coste istriane presentano, invece, la caratteristica struttura rocciosa a falesia sul mare che si trova anche lungo la strada costiera fino a Duino (Fig. 1). Avvicinandosi a Trieste il litorale si presenta profondamente modificato dall'azione antropica con terrapieni, moli, dighe foranee, ecc.

Il più importante apporto d'acqua dolce deriva dal fiume Isonzo, che ha una portata media annuale pari a circa 150

fico di un ambiente costiero, caratterizzato da ampie variazioni spazio-temporali, richiede però l'esecuzione di campionamenti frequenti su un ampio reticolo di stazioni. Le immagini satellitari, offrendo una stima della concentrazione di clorofilla su aree estese, possono risultare utili per lo studio della distribuzione della biomassa fitoplanctonica, soprattutto se validate da una calibrazione specifica.

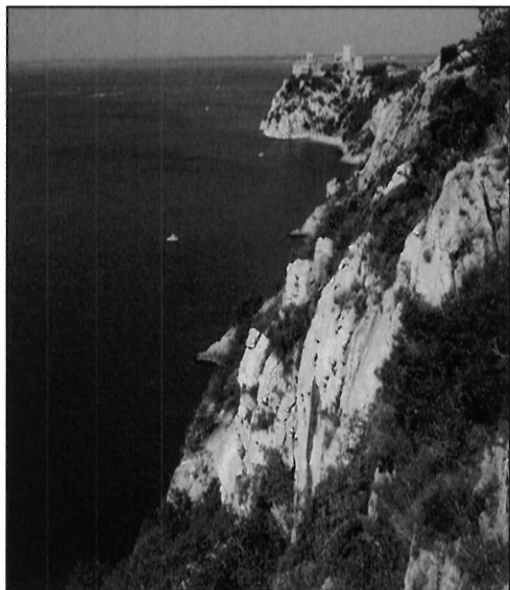



FIGURA 1 – *Le falesie e il castello di Duino (TS) viste da un punto panoramico della costiera triestina (fonte: www.regione.fvg.it).*

m^3s^{-1} (Olivotti et al., 1986). Gli apporti fluviali sono continui, ma con rilevanti aumenti in occasione delle piene. La zona più settentrionale del Golfo è influenzata dagli apporti del fiume Isonzo, che presenta un regime di tipo alpino con due massimi di portata, superiori a 1500 m^3s^{-1}, in giugno ed in novembre (Naudin et al., 1996) e, in misura assai minore, da quelli del fiume Timavo, caratterizzato da un regime carsico e quindi in grado di trasportare alla foce sedimenti quasi esclusivamente fini, che vengono dispersi in una ristretta zona a ridosso della costiera tra Monfalcone e Duino. In occasione delle piene risulta particolarmente evidente il trasporto di sedimenti in sospensione da parte del fiume Isonzo che provoca un sensibile intorbidamento delle acque marine in tutta la parte settentrionale del Golfo.

Per quanto riguarda il campo dinamico, misure e modelli evidenziano come le acque superficiali (05 m), molto influenzate dall'azione del vento, siano interessate ad una circolazione oraria in presenza di venti occidentali. Tale andamento tende ad invertirsi per venti orientali ed in particolare in occasione di eventi di bora (Mosetti, 1972). In questo caso la circolazione assume una struttura omogenea, cioè il campo delle correnti e della densità non cambia con la profondità. In generale, al di sotto dello strato superficiale si osserva un'inversione del campo di corrente che presenta una circolazione contraria (ciclonica) caratterizzata da forte stabilità.

Fonte dei dati

Immagini satellitari: due immagini, atmosfericamente corrette[3], registrate dal sensore Aster[4] datate 3 settembre 2003. È

[3] Le immagini satellitari utilizzate erano state corrette atmosfericamente da EOS Data Center. La correzione atmosferica permette la riduzione parziale del disturbo determinato dalle radiazioni registrate dal sensore senza aver raggiunto la superficie terrestre, ma riflesse dall'atmosfera (Lillesand e Kiefer, 1999).

[4] Il satellite Terra è stata lanciato nel dicembre 1999 dalla NASA nell'ambito del progetto EOS *(Earth Observing System)*. L'orbita è quasi polare ad un'altezza di 705 km, eliosincrona ossia con un attraversamento sull'equatore alle 10:30 (ora locale). Passa sopra la stessa area ogni 16 giorni. Il sensore Aster, montato su

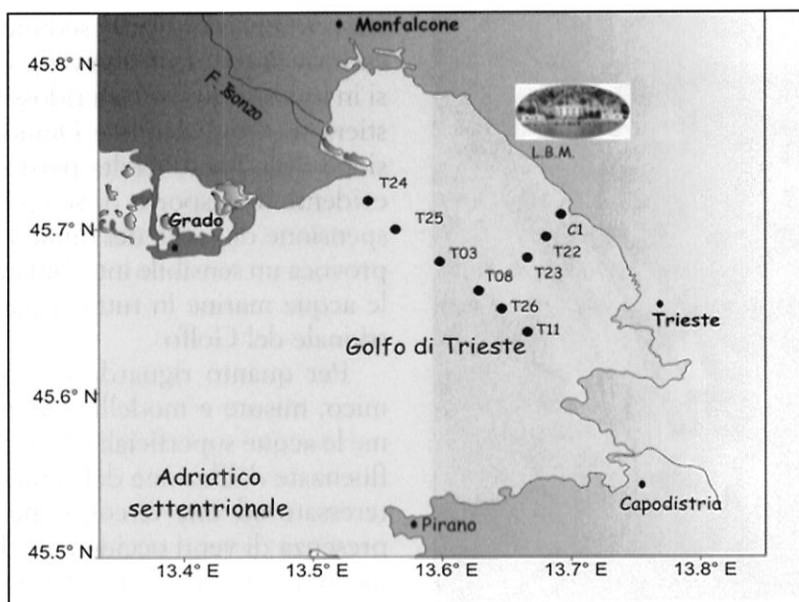



FIGURA 2 – *Posizionamento delle stazioni di rilevamento della clorofilla a.*

stata impiegata, inoltre, l'informazione relativa alla temperatura (Ts: temperatura da satellite) fornita da EOS Data Center che rende disponibili, a richiesta, layer con dati di temperatura calibrati sull'immagine satellitare.

Dati stazionali (Clorofilla a e Temperatura): valori di concentrazione della clorofilla *a* (determinata per via spettrofluorimetrica[5]) e della temperatura (Tp: temperatura puntuale), registrati presso alcune stazioni di riferimento nel Golfo di Trieste. I dati si riferiscono a campioni prelevati alla quota superficiale, in un reticolo di 10 stazioni posizionate in modo da essere rappresentative per l'intero Golfo di Trieste (Fig. 2).

questo vettore, è il risultato della cooperazione tra la NASA ed il Ministero dell'Industria e degli Affari giapponese. Esso registra immagini della Terra ad alta risoluzione (pixel da 15 a 90 metri), in 14 diverse bande dello spettro elettromagnetico, dal visibile all'infrarosso termico. L'immagine telerilevata ricopre un'area quadrata di 60 km di lato. Il sensore Aster consiste di tre strumenti separati, ognuno operante in una differente regione spettrale. Questi sottosistemi sono i seguenti: VNIR (*Visible and Near Infrared Region,* ossia regioni del visibile e del vicino Infrarosso), SWIR (*Short Wave Infrared Region,* regione dell'infrarosso medio) e TIR (*Thermal Infrared Region,* regione dell'infrarosso termico) (Abrams e Hook, 2002). Nella comunità scientifica l'uso di dati ASTER rappresenta l'ultima frontiera per creare carte dettagliate della copertura del suolo, della temperatura della superficie, nonché ricostruzioni tridimensionali delle aree studiate.

[5] L'analisi spettrofluorimetrica è stata condotta su estratto acetonico utilizzando uno spettrofluorimetro PERKIN ELMER LS50B (Lorenzen e Jeffrey, 1980).

Metodologia

La metodologia adottata è stata la seguente:

1. *Selezione delle bande.* Le prime tre bande delle immagini satellitari, la verde, la rossa e la infrarossa vicina (sottoinsieme VNIR) ed il layer della temperatura sono stati compressi in un unico file composito (operazione cosiddetta di «stack di layer»). Poiché la risoluzione spaziale dei due sottoinsiemi è diversa (VNIR 15 metri; temperatura 90 metri), il layer della temperatura è stato riclassificato con una griglia di 15 metri.
2. *Mosaicatura delle immagini satellitari.* Poiché l'area studiata è coperta nel caso specifico da due immagini, queste sono state mosaicate in un'unica immagine dalla quale è stato ritagliato, successivamente, un riquadro che delimita l'area marina allo studio e le coste.
3. *Posizionamento delle stazioni di rilevamento.* Le stazioni di rilevamento puntuale sono state posizionate sull'immagine satellitare composita al fine di confrontare i dati relativi alla clorofilla campionati con i valori relativi alla banda verde del satellite ed alla temperatura. Il sistema di coordinate prescelto è Gauss Boaga fuso est.
4. *Rilevazione dei valori relativi la banda verde e la temperatura nell'immagine satellitare.* Dopo il posizionamento delle singole stazioni è stata realizzata un'indagine puntuale dei valori della banda verde e della temperatura rilevati dall'immagine satellitare[6]. L'indagine ha ovviamente riguardato anche l'andamento dei pixel adiacenti, al fine di ampliare l'informazione spaziale.
5. *Regressione multipla (a tre dimensioni).* Una volta raccolti tutti i dati relativi alla temperatura (Tp), ai valori della banda verde ed ai valori di clorofilla *a*, si è proceduto ad una loro analisi statistica. A tale scopo è sembrato conveniente utilizzare una procedura di regressione multipla, in uno spazio tridimensionale che prendesse in esame tutte e tre le variabili considerate. In questo modo si è potuto estrapolare il modello che interpola meglio questi dati (secondo il metodo dei minimi quadrati) e che, nel caso specifico, trattandosi di un'interpolazione a tre dimensioni, permette di definire un piano di regressione (Vajani, 1980). Tale grafico è riportato in Fig. 3. Per comprendere il grado di affidabilità di tale modello è stato valutato il coefficiente di determinazione (R^2) (da cui si può facilmente derivare anche il coefficiente di correlazione r, da porre a confronto con il modello elaborato nel lavoro precedente).

[6] Data la risoluzione spaziale del layer temperatura (90x90 metri per pixel), la variabilità della temperatura dall'immagine satellitare (Ts) evidenzia, ovviamente, una minore sensibilità per questa variabile rispetto ai dati raccolti presso le stazioni (Tp). Per questo è sembrato opportuno utilizzare questi ultimi dati per calibrare il modello (ovverosia per il calcolo dei parametri del piano di regressione). I dati relativi alla temperatura raccolta da satellite (Ts) vengono comunque utilizzati nel corso dell'implementazione del modello con l'immagine satellitare per la stima finale della concentrazione di clorofilla nel Golfo di Trieste.

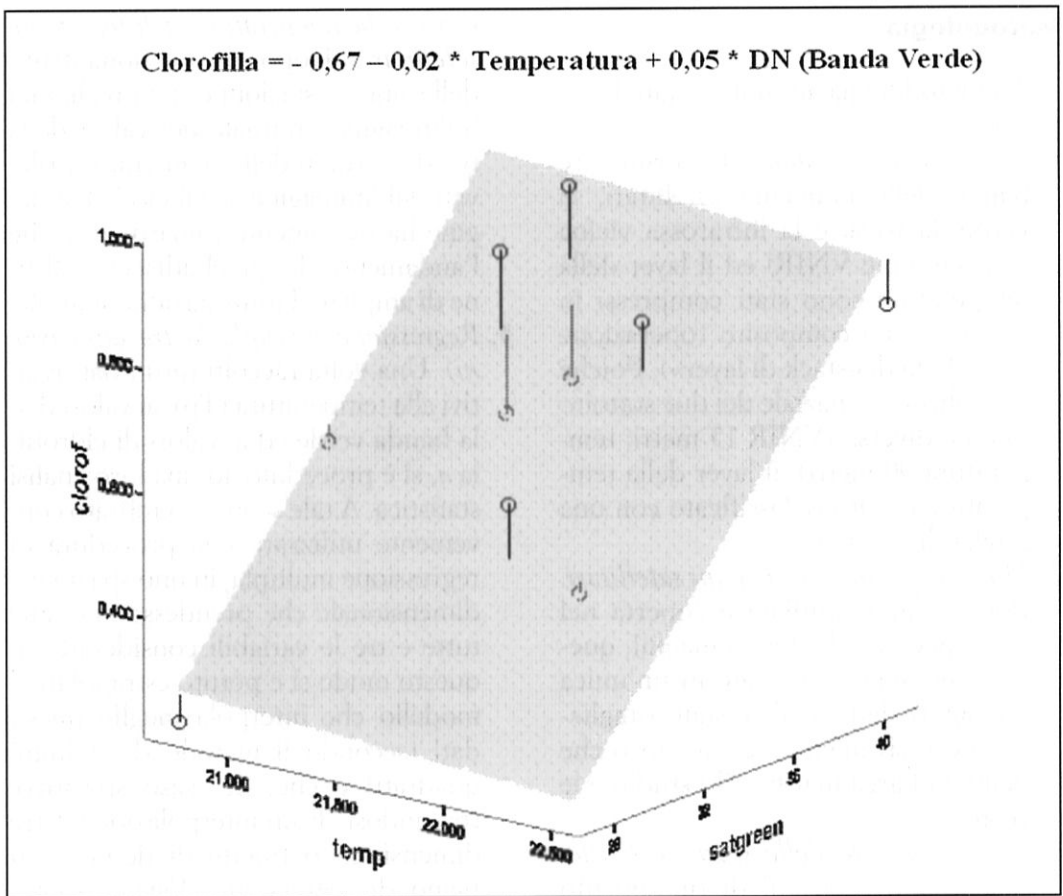



FIGURA 3 – *Il piano di regressione definito dalle tre variabili, clorofilla a, valori digitali assunti dalla banda verde delle immagini satellitari Aster e temperatura.*

6. *Implementazione del modello con i dati telerilevati.* L'informazione ottenuta dalle singole stazioni è di tipo puntuale. Per avere un'informazione areale si è proceduto ad implementare il modello, ottenuto mediante l'interpolazione a tre variabili, con i dati satellitari, ovverosia utilizzando la temperatura dal satellite (Ts) e, naturalmente, i valori della banda verde.

Risultati

Il modello ottenuto tramite l'interpolazione delle variabili temperatura, valori digitali della banda verde e dati relativi alla clorofilla è il seguente:

Clorofilla a = – 0,67 – 0,02 * *Temperatura* + 0,05 * *DN (Banda verde)*

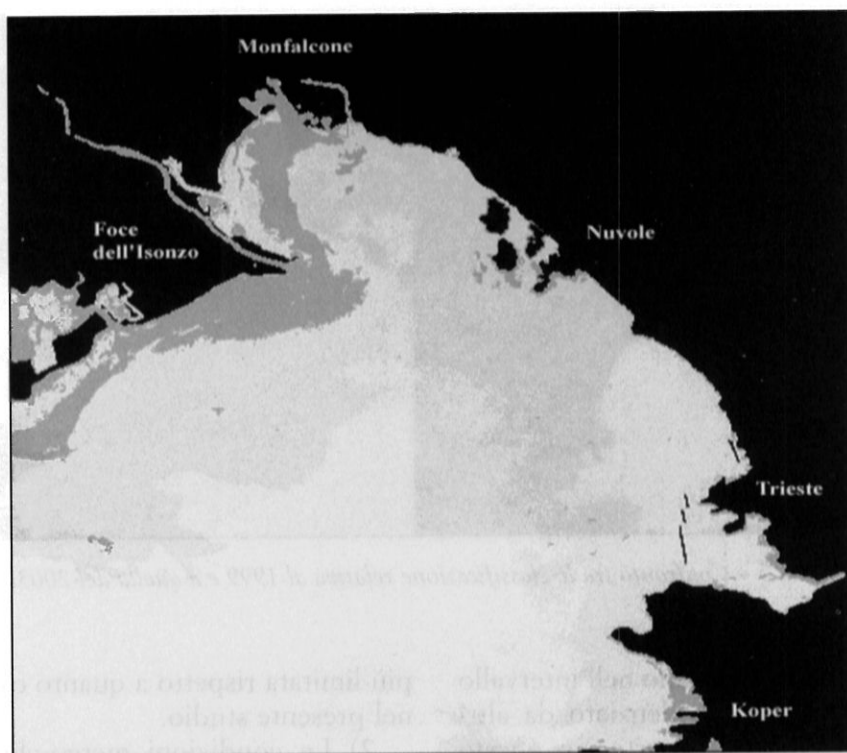



FIGURA 4 – *Classificazione delle acque del Golfo di Trieste in base alla concentrazione di clorofilla a (relativa al 3 settembre 2003).*

Il coefficiente di determinazione (R^2) assume un valore pari a 0.81, che permette di valutare, dunque, la clorofilla in funzione della temperatura e dei valori assunti dalla banda verde con un grado di incertezza minore del 20 per cento. Tuttavia, questo rilevante miglioramento rispetto ai risultati precedenti è da imputare principalmente al fatto che nel presente caso sono state adottate immagini atmosfericamente corrette. Infatti, la correlazione lineare tra valori digitali della banda verde e clorofilla evidenzia un coefficiente di determinazione pari a 0.79 che viene solo leggermente migliorato con l'integrazione dei dati relativi alla temperatura.

Implementando questo modello nell'immagine satellitare composita (del quale sono stati utilizzati i layer della banda verde e della temperatura-Ts) si è ottenuta la «mappa della distribuzione della clorofilla *a* nel Golfo di Trieste» relativa al 3 settembre 2003 (Fig. 4). Sono state determinate 4 classi di concentrazione per la clorofilla *a*: < 0.6 ?g/l, 0.6 – 0.9 ?g/l, 0.9 – 1.2 ?g/l, > 1.2

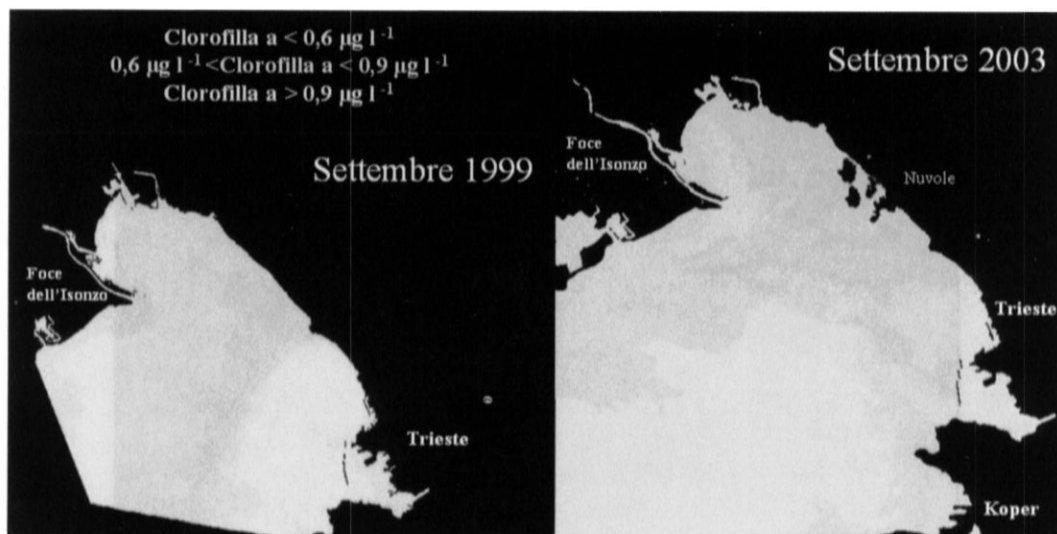



FIGURA 5 – *Confronto tra la classificazione relativa al 1999 e a quella del 2003.*

?g/l. Tali valori rientrano nell'intervallo di concentrazione evidenziato da altri autori nel Golfo di Trieste per questo periodo (Fonda Umani et al., 1998; De Vittor e De Prà 2003).

La distribuzione ottenuta permette alcune osservazioni:

1) Nel Golfo di Trieste, la struttura della comunità fitoplanctonica è fortemente influenzata dalle acque ricche in nutrienti provenienti soprattutto dal fiume Isonzo (Malej *et al.* 1995). Le concentrazioni di clorofilla *a* risultano più elevate, infatti, nell'area estuariale isontina e, sottocosta, in prossimità delle zone più fortemente antropizzate (Trieste e Capodistria). Va osservato che anche nel precedente lavoro i valori più alti di clorofilla erano stati rilevati in prossimità della foce dell'Isonzo (Fig. 5), ma l'area interessata da concentrazioni elevate era risultata decisamente più limitata rispetto a quanto osservato nel presente studio.

2) Le condizioni meteo-climatiche (dati OSMER, Osservatorio Meteorologico Regionale) evidenziate nel periodo immediatamente antecedente la data di acquisizione delle immagini satellitari, hanno probabilmente permesso un'estensione dell'area caratterizzata da maggiori quantità di nutrienti inorganici disponibili al popolamento fitoplanctonico. Tale periodo, infatti, è risultato caratterizzato da intensa piovosità insistente sul bacino fluviale dell'Isonzo-Torre-Natisone, ossia sul bacino che convoglia dal Friuli collinare fino all'Isontino le proprie acque nel fiume Isonzo (Fig. 6). Ciò ha determinato un maggiore apporto di acque dolci nel Golfo e, di conseguenza, una più elevata disponibilità di nutrienti inorganici.

Piovosità

Stazioni meteo	Cividale del Friuli (UD)	Faedis (UD)	Capriva del Friuli (GO)	Gradisca d'Isonzo (GO)
25-ago	30,6	25,8	30	25
26-ago	0	0	0	0
27-ago	0	0	0	0
28-ago	31,8	37,2	0,2	0
29-ago	0	2,4	0	0
30-ago	0	0	0	0
31-ago	12,8	8,4	33,8	13,8
01-set	0,4	0,2	1,6	1,8
02-set	5	2,6	0,4	0

PIOVOSITA' (mm) - AGOSTO/SETTEMBRE 2003
Stazione meteo: Capriva del Friuli (GO)

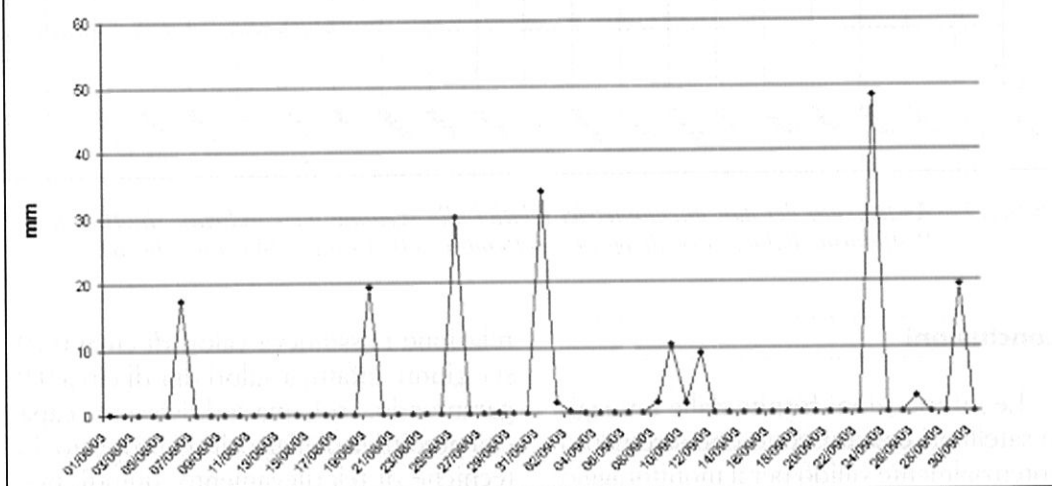



FIGURA 6 – *6a) Piovosità nel bacino dell'Isonzo-Torre-Natisone nei giorni precedenti all'acquisizione dell'immagine satellitare; 6b) Andamento della piovosità nei mesi di agosto e settembre 2003, stazione meteo di Capriva del Friuli (GO) (fonte: www.osmer.fvg.it).*

3) I dati relativi all'intensità dei venti, registrati presso la stazione meteorologica sinottica n. 52 Piattaforma Paloma, hanno permesso di evidenziare, inoltre, la presenza di forti venti da ponente proprio in corrispondenza dei primi giorni del mese di settembre 2003 (Fig. 7). L'azione dei venti ha probabilmente consentito il trasporto delle acque superficiali, ricche in nutrienti, verso l'area più orientale del Golfo permettendo l'incremento della biomassa fitoplanctonica evidenziato dagli elevati valori di clorofilla *a* misurati.

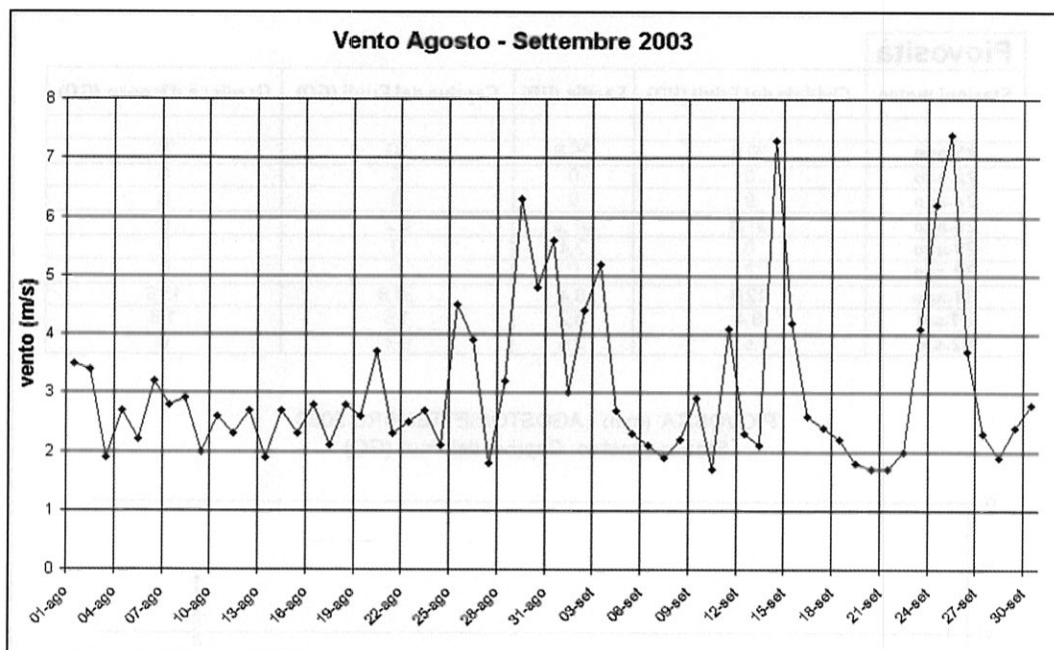



FIGURA 7 – *Andamento dei dati anemometrici relativi alla stazione meteorologica sinottica n. 52 Piattaforma Palma, mesi di agosto e settembre 2003 (fonte: www.osmer.fvg.it).*

Conclusioni

Le informazioni fornite dalle immagini satellitari costituiscono uno strumento potenzialmente valido per il monitoraggio dell'ambiente marino. Nel presente lavoro, l'utilizzo di immagini satellitari atmosfericamente corrette e l'implementazione di più variabili, in parte raccolte puntualmente, in parte derivanti dalle immagini satellitari, hanno garantito una migliore calibrazione del modello, consentendo una stima più attendibile della concentrazione della clorofilla nel Golfo di Trieste. Rispetto al modello basato unicamente sul confronto tra valori digitali della banda verde e della clorofilla (definito nel precedente lavoro), in cui l'indice di correlazione r assumeva valori di circa 0.79, si è giunti, infatti, a valori di r di circa 0.9, garantendo, così, una soddisfacente capacità predittiva dell'algoritmo proposto. Le tecniche di telerilevamento, quindi, possono rappresentare, anche nel Golfo di Trieste, un'opportunità per superare il concetto di campionamento puntuale a vantaggio di una descrizione spaziale più completa.

In prospettiva futura, l'ulteriore validazione statistica del modello definito con questa metodologia, mediante acquisizioni più frequenti ed un maggior numero di prelievi, permetterà di poter affiancare questa tecnica al monitoraggio delle dinamiche spazio temporali della clorofilla nel Golfo di Trieste.

Ringraziamenti

Si desidera ringraziare: gli operatori del Servizio Meteorologico Regionale del Friuli Venezia Giulia (www.osmer.fvg.it), ed in particolare il dott. Nordio Sergio per l'efficiente collaborazione; l'ente EOS Data Gateway Center (Earth Observing System – NASA) per aver gratuitamente fornito l'immagine del sensore ASTER.

Bibliografia

ABRAMS M., HOOK S. (2002), *ASTER User Handbook-Version 2*, JPL (Jet Propulsion Laboratory), NASA, Pasadena, 2002.

ASMAT A., MANSOR S.B., MOHAMED M.I., MISPAN M.R. (2003), *Estimating Clorophyll-a Concentration from Remotely Sensed Data in East Coast of Peninsular Malysia*, GIS Development, n.3, Noida, India.

BARUAH P.J., TAMURA M., OKI K., NISHIMURA H. (2001), *Neural Network Modelling of Lake Surface Chlorophyll and Sediment Content from Landsat TM Imagery,* In: «22nd Asian Conference on Remote Sensing and Processing», Singapore, 5-9 nov. 2001.

BRAMBATI A., CATANI G. (1988), *Le coste e i fondali del Golfo di Trieste dall'Isonzo a Punta Sottile: aspetti geologici, geomorfologici, sedimentologici e geotecnica*, Hydrores 6: 13-28.

DE FRANCESCO C., FRANZINI G., ZILIOLI E., GIARDINO C. (2003), *Integrazione delle tecniche di telerilevamento nell'attività di monitoraggio del lago di Garda*, In «Atti della 7ª Conferenza Nazionale delle Agenzie Ambientali», Milano.

DE VITTOR C., DE PRÀ F. (2003), *Distribuzione della clorofilla a frazionata nella colonna d'acqua del golfo di Trieste: autunno 1998 – estate 2001,* Biol Mar Medit 10: 998-1002.

FONDA UMANI S., CAUWET G., COK S., MARTECCHINI E., PREDONZANI S. (1997), *Chemical and biological seasonal patterns of the Gulf of Trieste: the example or early and late summer*, In: CAUWET G. PALOMA, *Production and acccumulaction of Labile Organic Matter in Adriatic*, EEC Environmental and Climate programme, final report part 2.

LILLESAND T.M., KIEFER R.W. (1999), *Remote sensing and Image Interpretation,* Fourth ed., New York, Wiley & Sons.

LORENZEN C.J., JEFFREY S. (1980), *Determination of chlorophyll in seawater,* Technical Papers In Marine Science. SCOR-UNESCO, 35: 1-20.

MALEJ A., MOZETI? P., MALA?I? V., TERZI? S., AHEL M. (1995), *Phytoplankton responses to freshwater inputs in a small semi-enclosed gulf (Gulf of Trieste, Adriatic Sea),* Mar. Ecol. Prog. Ser., 120: 111-121.

MOSETTI F. (1972), *Alcune ricerche sulle correnti nel Golfo di Trieste*, Boll Ass Geof Ital 21 (1/2): 33-38.

NAUDIN J.J., MALACIC V., CELIO M. (1996), *Hydrological characteristics of the Gulf of Trieste (Northern Adriatic) during high fresh-water input in early summer*, Phisical and biogeochemical processes of the Adriatic Sea (ELNA), Portonovo (Ancona) Italy, 23-27.

OLIVOTTI R., FAGANELLI J., MALEJ A. (1986), *Impact of «organic» pollutants on coastal water - Gulf of Trieste*, Wat Sci Technol 18: 57-68.

RITCHIE J.C., COOPER C. (2001), *Remote Sensing Techniques for Determining Water Quality: Application to TMDLs*, In: *TMDL Science Issue Conference*, S. Luis, Missouri, 5- 7 mar. 2001.

ROSSI S., MOSETTI F., CESCON B. (1968), *Morfologia e natura del fondo nel Golfo di Trieste*, Bollettino Soc Adriatica Scienze 56: 187-206.

VAJANI L. (1980), *Elementi di statistica*, CEDAM, Padova.

I PRINCIPALI BACINI IDROGRAFICI DEL PALERMITANO E VALUTAZIONE DELLA RISORSA «ACQUA» NEL TERRITORIO PROVINCIALE

THE PRINCIPAL RIVER BASINS IN THE AREA AROUND PALERMO AND THE EVALUATION OF WATER RESOURCES IN THE TERRITORY

Adele Caltabiano (*), **Filippo Orecchio** (**)

(*) Dipartimento di Studi sulla Civiltà Moderna (*sezione Geografico-antropologica*), Facoltà di Lettere e Filosofia, Università degli Studi di Messina,
(**) Università degli Studi di Messina.

Riassunto

Le province di Palermo, Agrigento, Caltanissetta, Enna e Trapani in data 14 gennaio 2002 sono state dichiarate in stato di emergenza idrica per l'approvvigionamento idropotabile e con decreto del 16 maggio dello stesso anno, lo stato di emergenza è stato esteso anche alle province della Sicilia orientale. La situazione già critica, in tempi ordinari, si aggrava ulteriormente nei mesi estivi quando le richieste d'acqua aumentano sia per l'agricoltura che per l'afflusso di turisti. In particolare, per il capoluogo regionale e per i comuni della fascia costiera della provincia di Palermo, la situazione idrica è precipitata a tal punto, che è stato necessario emanare una terza ordinanza, in data 26 luglio 2002. In atto la Sicilia è Regione commissariata non solo per l'approvvigionamento idropotabile ma anche per lo smaltimento dei RSU (Rifiuti Solidi Urbani). Il capoluogo e molti comuni della fascia costiera, nel corso dell'estate del 2002 e del 2003, non hanno usufruito dell'erogazione d'acqua potabile per diversi giorni consecutivi ed i disagi per i cittadini palermitani hanno rasentato la crisi sanitaria. Pertanto, lo studio dei bacini idrografici del Palermitano è valso a farci conoscere l'entità della risorsa idrica presente nel territorio provinciale e capire se il problema dello stato di emergenza è causato dall'effettiva mancanza d'acqua o piuttosto da una cattiva gestione del servizio anche a causa di un sistema infrastrutturale di adduzione e di distribuzione inefficiente ed in alcuni casi obsoleto. I principali bacini idrografici esaminati sono stati tredici, sufficienti a fornire un quadro esaustivo della dotazione idrica della provincia, in rapporto alla popolazione distinta tra residente e fluttuante.

Parole chiave: Provincia Palermo, bacini idrografici, risorse idriche.

Gli autori hanno svolto il lavoro di ricerca e di analisi, per il presente contributo, in stretta collaborazione tuttavia, nella stesura del testo, Adele Caltabiano ha scritto i paragrafi 1, 2, 5, Filippo Orecchio ha redatto i paragrafi 3 e 4 e ha curato l'elaborazione delle figure e dei grafici inseriti nel testo.

Abstract

The provinces of Palermo, Agrigento, Caltanisetta, Enna and Trapani, on the 14th January 2002, were declared as being in a state of emergency regarding the supply of drinking water and in a decree on the 16th May in the same year the state of emergency was extended to the provinces of Western Sicily. The situation, already critical even at normal times, deteriorates seriously in the Summer months when more water is needed both for agriculture and tourism. In Palermo in particular and its nearby coastal towns the situation deteriorated to such a point that on the 26th July 2002 a third decree became necessary. The region of Sicily is responsible not only for the supply of drinking water but also for the disposal of solid waste. Palermo and many of its nearby coastal towns, during the summers of 2002 and 2003 did not have drinking water for several consecutive days, causing a health crisis for the citizens of Palermo. For this reason a study of the river basins in the area of Palermo can help to determine the nature of the water resources present in the area and to understand whether the state of emergency is caused by an actual lack of water or by poor management due to an inefficient, at times obsolete means of distribution. We examined 13 principal river basins which give an adequate picture of the Province's water supply capability, in relation to the population, both resident and temporary.

1. Premessa

Prima di analizzare il sistema idrografico della provincia di Palermo è opportuno fornire un quadro generale sulle caratteristiche idrografiche del territorio isolano, distinto nelle due subregioni, orientale ed occidentale. La diversità di queste due aree geografiche della Sicilia, per quanto concerne le risorse acquifere, risiede nel carattere irregolare e dispersivo dei corsi d'acqua isolani, condizionati dalla disposizione del rilievo, che pone lo spartiacque fondamentale assai a ridosso della costiera tirrenica, per cui i corsi d'acqua più lunghi e con il bacino d'alimentazione più vasto, scendono verso lo Ionio e il Mar d'Africa. Un bacino di oltre 4.300 Km^2, che costituisce il sistema maggiore fluviale siciliano, quello del Simeto-Dittaino-Gornalunga, lungo 113 Km, percorre la piana di Catania; un fiume dal corso breve ma ricco d'acqua è invece l'Alcantara che intaglia le basse falde occidentali e settentrionali dell'Etna; fiumare vere e proprie scorrono in corrispondenza dei Nebrodi e dei Peloritani che presentano un letto ghiaioso e secco in estate, ma con acque subalvee, utilizzate per fini irrigui; i corsi d'acqua che scorrono nella Sicilia meridionale e sfociano nel Mar d'Africa, il Salso o Imera Meridionale (lungo 113 Km) e i minori Belice, Platani, Gela, Sosio-Verdura, dispongono di bacini piuttosto ampi rispetto alle magre portate (Manzi, 1983, p. 11). Il litorale tirrenico, in cui insiste anche la provincia di Palermo, ospita torrenti alimentati da talune sorgenti calcaree, come lo Iato, l'Eleutero, l'Imera Settentrionale, il minuscolo Oreto palermitano. Pertanto, nelle due subaree della Sicilia, la rete idrografica è diversificata. Nella parte occidentale dell'Isola essa appare più complessa, molto segmentata e spesso a carattere torrentizio mentre, nella parte orientale, i maggiori corsi d'acqua, rivestono carattere

perenne. Queste differenze determinano lo sviluppo di realtà infrastrutturali e gestionali profondamente diverse tra loro, frutto di esigenze e realtà territoriali specifiche. Con il D.P.R. n. 114 del 16 maggio 2000 e con le modifiche apportate dal D.P.R. n. 16 del 29 gennaio 2002, anche in Sicilia sono stati istituiti gli Ambiti Territoriali Ottimali (ATO) per la gestione e l'utilizzazione delle risorse idriche nella Regione (Russo, 2001, p. 317; Legambiente, 2004, p. 165). I nove ambiti coincidono territorialmente con le nove province dell'Isola, ma comprendono comuni diversi quanto a numero, densità di popolazione, attività economiche principali, morfologia, tipo di risorse idriche disponibili. Inoltre, in Sicilia, la scelta dei confini degli ATO non ha tenuto conto dei confini dei bacini idrografici (Caltabiano, Trischitta, 2002, p. 113; Vinci, 1995, p. 47), per cui molti di essi ricadono in più ambiti territoriali come, ad esempio, il fiume Belice che interessa tre province: Trapani, Palermo, Agrigento, mentre i bacini artificiali di Piana degli Albanesi e Scanzano sono ad esclusivo utilizzo dell'approvvigionamento idrico della provincia di Palermo (Eurispes, 2004, pp. 579-605). Il 2002 ed il 2003 sono stati anni particolarmente difficili per buona parte dei siciliani ed in particolare per i cittadini del capoluogo e dei comuni della fascia costiera del Palermitano, costretti ad una conduzione di vita degradata, con invasi praticamente vuoti e rubinetti a secco per diversi giorni consecutivi con una erogazione idrica non idonea a garantire il regolare rifornimento delle città e delle campagne. In questi anni, la causa del disservizio in Sicilia, più che da attribuire alla mancanza di precipitazioni e all'effetto serra è da imputare alla mancanza di una efficiente e razionale gestione del sistema, reso più complesso dalle strutture obsolete e dalle condutture colabrodo, le cui elevate perdite hanno notevolmente contratta la quantità di risorsa disponibile. Inoltre, le carenze dei sistemi fognari e depurativi ne hanno diminuita la quantità utilizzabile a causa dell'inquinamento delle falde e dei corsi d'acqua. Pertanto, per sanare lo stato di penuria d'acqua in Sicilia, necessita innanzitutto intervenire e risolvere il problema delle perdite, che richiede il concorso di azioni diverse, sinergicamente programmate. Il punto di partenza è costituito dall'acquisizione di conoscenze approfondite sul complesso ciclo idrogeologico e sulla disponibilità e qualità di risorsa presente nei bacini idrografici principali; l'individuazione strategica degli invasi nel sistema di accumulo durante i mesi invernali, la pianificazione e programmazione razionale e unitaria dell'intero ciclo del sistema; la lotta alle frodi e alle criminalità che ruotano intorno ai centri nevralgici di raccolta delle acque. È, pertanto, indispensabile mettere a punto strumenti atti a realizzare un efficace programma regionale di tutela e di riqualificazione delle risorse idriche. Nella relazione a cura di Legambiente, sul *Forum alternativo sull'acqua* (marzo 2003), è stata evidenziata, nella nostra Regione, la necessità di passare dalla gestione dell'offerta a quella della domanda per consentire una sensibile riduzione di spesa in nuovi investimenti strutturali e convergere gli sforzi

su interventi di ripristino, meno costosi, ma di risolutiva importanza come la riduzione delle perdite nei sistemi di captazione-adduzione-distribuzione, l'applicazione di più efficaci tecniche irrigue, la selezione di prodotti agronomici meno idroesigenti, il riciclo e riuso delle acque reflue nei cicli industriali e agricoli, il ricorso a strumenti di incentivazione tariffaria, la messa a punto di corsi educativo-formativi, capaci di incidere sui comportamenti degli utenti per ridurre gli «sprechi». La strategia d'intervento del sistema idrico in Sicilia è volta al superamento dell'emergenza contingente e ad una politica di programmazione a medio e a lungo termine. In particolare, nell'anno 2002 la Regione Siciliana ha affidato alla SOGESID S.p.A.(Società Gestione Impianti Idrici), l'incarico di redigere il Piano d'Ambito per la provincia di Palermo e tale Piano è stato presentato ed approvato dall'assemblea dell'ATO in data 12/12/2002 e convalidato dal Commissario Delegato per l'emergenza idrica, con suo decreto, in data 31/12/2002.

2. I principali bacini idrografici della provincia di Palermo[1]

La provincia di Palermo occupa una superficie territoriale di 4.992,25 Km^2 (ISTAT, 1994). Il sistema orografico è accidentato, costituito da rilievi montuosi che si sviluppano a ridosso della costa o a poca distanza da essa. In prossimità delle foci dei corsi d'acqua principali si estendono brevi pianure costiere. Quasi tutti questi corsi d'acqua sono a regime torrentizio con alternanza di piene invernali a lunghi periodi di secca estiva con modesta lunghezza dell'asta fluviale, almeno per i corsi d'acqua con foce nel Tirreno. Altri corsi come il Belice, l'Imera Meridionale, il Platani, con foce nel canale di Sicilia, hanno una lunghezza maggiore e portate, per quanto sempre molto ridotte, anche nel periodo estivo. I rilievi principali della provincia sono rappresentati dalle Madonie che sfiorano i 2.000 metri con il pizzo Carbonara ed il pizzo Antenna Grande, costituiti da versanti ripidi e valli molto strette. Tali rilievi formano una barriera che favorisce le precipitazioni meteoriche che, in media, sono più abbondanti nel tardo autunno e nell'inverno, mentre sono scarse o assenti in estate (Manzi, 1983, p. 232). All'interno del territorio provinciale ricadono, (da nord-est a sud-ovest), i bacini idrografici dei seguenti corsi d'acqua principali: Pollina, Imera Settentrionale, Torto, S. Leonardo, Milicia, Eleutero, Oreto, Nocella e Iato, nonché le parti più montane dei bacini dei fiumi Belice Destro, Belice Sinistro, Verdura e Platani (Fig. 1). Per ogni singolo bacino sono stati presi in esame l'estensione, l'altitudine media e massima, i comuni in esso ricadenti, l'origine del fiume principale, gli affluenti che lungo il percorso

[1] I dati e le informazioni relative alle infrastrutture realizzate lungo i principali corsi d'acqua dei bacini idrografici del Palermitano, sono stati personalmente reperiti a Palermo presso l'Ufficio del Commissario Delegato per l'emergenza idrica, su ricognizione effettuata dalla SOGESID S.p.A. nel 2002, su incarico del Ministero dei Lavori Pubblici, sentita la Regione Siciliana.

Fonte: SOGESID S.p.A., 2002

1	Fiume Freddo	11	Fiume San Leonardo	a	Lago Perna
2	Fiume Iato	12	Fiume Magazzolo	b	Lago di Garcia
3	Fiume Nocella	13	Fiume Platani	c	Lago Piana degli Albanesi
4	Fiume Oreto	14	Fiume Torto	d	Lago di Scanzano
5	Fiume Belice Destro	15	T. Belice	e	Lago di Gammauta
6	Fiume Belice Sinistro	16	Fiume Imera Settentrionale	f	Lago di Prizzi
7	Fiume Eleutero	17	Fiume Imera Meridionale	g	Lago Piano del Leone
8	Fiume Milicia	18	Fiume Salso	h	Lago Fanaco
9	Fiume Verdura	19	Fiume Gangi	i	Lago Rosamarina
10	Fiume Sosio	20	Fiume Pollina		

FIGURA 1 – *Provincia di Palermo. I corsi d'acqua principali.*

riceve, l'utilizzazione delle acque in base ai vari usi e la fornitura dell'erogazione idropotabile.

Pertanto, nella provincia di Palermo, si susseguono, nell'ordine, i seguenti bacini idrografici che ricadono per la maggior parte, nel versante settentrionale (Pollina, Imera Settentrionale, Torto, San Leonardo, Milicia, Eleutero, Oreto, Nocella, Iato), ed, in numero inferiore, nel versante meridionale della Sicilia (Belice Destro, Belice Sinistro, Verdura, Platani).

Bacino del fiume Pollina. Tale bacino idrografico si estende per 395 Km^2, dal centro abitato del comune di Gangi sino al Molo San Biagio sul Mare Tirreno (Pecora, 1968, p. 68). L'altitudine media del suddetto bacino è di 782 m. s.l.m. quella massima, di 1.979 m. s.l.m. Esso ricade integralmente nel territorio della provincia di Palermo ed è delimitato ad est dal Torrente Tusa e ad ovest da alcuni bacini minori e dal fiume Imera Settentrionale. I comuni che rientrano in tale bacino sono tre: Gangi, Geraci Siculo e

San Mauro Castelverde. L'asta principale si sviluppa per circa 34 Km e riceve, a circa 10 Km dalla foce, in sponda sinistra, il torrente Castelbuono che possiede un bacino imbrifero superiore a 100 Km^2.

Il fiume Pollina trae origine dalla catena montuosa delle Madonie presso le pendici della Rupe Rossa, nel territorio del comune di Gangi, con il nome di torrente Raino e torrente Calabrò. Lungo il suo percorso riceve le acque di piccoli affluenti, tra i quali il torrente Grosso, che ha origine presso Portella dei Bifolchi e confluisce, in sinistra, presso Cozzo Campanaro; il torrente Vivaretto, che ha origine presso Cozzo Pomieri e confluisce, in sinistra, presso Pizzo Scarabeo e il torrente Buonanotte, che ha origine presso Monte Canalicchio e confluisce, in destra, presso Ponte Parrinello.

L'utilizzazione prevalente delle acque del fiume Pollina è quella industriale. Le concessioni per uso industriale sono ubicate tutte nel tratto a monte della confluenza con il torrente Castelbuono, per una portata totale di circa 0,27 m^3/s. Sono presenti, inoltre, piccole concessioni per l'uso irriguo distribuite lungo tutto il corso d'acqua, per un totale di circa 25 l/s.

Bacino del fiume Imera Settentrionale (o fiume Grande). Tale bacino idrografico si estende, in provincia di Palermo, su una superficie di 344 km^2 (Pecora, 1968, p. 68). L'altitudine media del bacino è di 621 m. s.l.m. quella massima di 1.869 m. s.l.m. Il bacino imbrifero confina ad ovest con quello del fiume Torto e ad est con i bacini del fiume Pollina e con alcuni corsi d'acqua minori. Esso si origina dalle pendici di Monte Mufara, nel territorio del comune di Polizzi Generosa, e si sviluppa per circa 32 Km. Lungo il suo percorso riceve le acque di piccoli affluenti, tra i quali il Rio Secco, che nasce presso Monte Scalone e confluisce, in sinistra, presso Contrada Scandale; il Fosso Inferno, che ha origine presso il Cozzo Vituto e confluisce, in destra, presso Scillato; il Vallone Portella, che ha origine presso Portella di Mare e confluisce, in destra, presso Contrada Piano Lungo; il Vallone Mandaletto, che ha origine presso Serra Santa Maria e confluisce, in destra, presso Contrada del Consiglio e il Vallone Garbinogara, che ha origine presso Serra Canalona e confluisce, in destra, presso Contrada Pestavecchio. L'affluente più importante del suddetto bacino è il torrente Salito le cui acque riceve, in sponda destra, a circa 14 Km dalla foce presso Monte Cibele. Il torrente Salito ha un bacino di circa 120 Km^2 e in esso ricadono i centri abitati di Sclafani Bagni e Caltavuturo. Il torrente nasce ad ovest del centro abitato di Valledolmo, presso Cozzo Garginifisa, con il nome di Vallone Castellucci e confluisce nell'Imera Settentrionale, in sinistra idrografica, presso Monte Cibele, dopo un percorso di circa 17 Km. Nell'asta principale affluiscono piccoli corsi d'acqua, tra i quali il torrente Niscemi che ha origine presso Pizzo Comune e confluisce, in destra, presso Contrada Zagara a sud di Cozzo Zagara, il torrente San Lorenzo che confluisce anch'esso, in destra, presso Contrada Zagara e il torrente Caltavuturo che ha origine presso Contrada Corco e confluisce, in destra, presso Case Monte Cibello.

Le acque del fiume Imera Settentrionale vengono utilizzate prevalentemente per scopo irriguo. Agli inizi degli anni '90 del Novecento è stata realizzata un'opera di derivazione ad acqua fluente sull'asta principale nel tratto vallivo, pressappoco in corrispondenza del centro abitato di Scillato. Tale opera, gestita Dall'AMAP (Azienda Municipalizzata Acquedotti Palermo), fornisce in media circa 2,0 Mm^3/anno di acqua.

Bacino del fiume Torto. Tale bacino idrografico si estende per 421 Km^2 interessando il territorio di due province: Caltanissetta e Palermo (Pecora, 1968, p. 68). Il bacino del fiume Torto confina ad est con il bacino dell'Imera Settentrionale, ad ovest con quello del San Leonardo e con alcuni bacini minori, a sud con il bacino del fiume Platani. L'analisi morfologica evidenzia la natura piuttosto accidentata del bacino, con rilievi montuosi localizzati lungo lo spartiacque, ma anche nella parte centro meridionale. Nel suddetto bacino ricadono i centri abitati di Lercara Friddi, Alia, Roccapalumba, Montemaggiore Belsito, Aliminusa e Cerda. In particolare, il fiume Torto nasce dalla catena montuosa delle Madonie e si sviluppa per circa 64 Km lungo la direttrice sud-nord fino a sfociare nel golfo di Termini Imerese, nel Mar Tirreno, a circa 6 Km dall'abitato di Termini. L'asta principale del fiume, nel tratto di monte, si sviluppa in direzione est-ovest, parallelamente allo spartiacque meridionale. In questo primo tronco, gli affluenti principali sono costituiti dal torrente Gian Iacopo e dal vallone Guccia. Nella zona centrale, fino alla confluenza in sinistra del torrente Lisca, il corso d'acqua raccoglie i deflussi del fiume San Filippo e del vallone Raffo, in sponda sinistra. A valle della confluenza col torrente Lisca, che costituisce il maggior affluente del fiume Torto, il corso d'acqua procede fino alla foce raccogliendo i deflussi del vallone Finantelli e Scarcella, in sponda sinistra, e del Fosso Zimma e del vallone Baglio, in sponda destra.

Nella parte più montana del fiume Torto sono state realizzate alcune opere di derivazione ad acqua fluente a servizio dello schema acquedottistico Fanaco.

Bacino del fiume San Leonardo. Il bacino idrografico del fiume San Leonardo che si estende per 523 Km^2 nel territorio provinciale di Palermo, ha origine dalla catena montuosa delle Madonie e si sviluppa per circa 53 Km lungo la direttrice sud-nord-est fino a sfociare nel Mar Tirreno, in prossimità del centro abitato di Termini Imerese (Pecora, 1968, p. 68). L'altitudine media del bacino è di 578 m. s.l.m., quella massima di 1.615 m. s.l.m. Esso confina ad est con il bacino del fiume Torto, ad ovest con alcuni bacini minori e con il fiume Milicia, il fiume Eleutero e il fiume Belice, a sud con il fiume Verdura e il fiume Platani. Anche in questo bacino è stata riscontrata, sotto il profilo morfologico, la natura piuttosto accidentata con rilievi montuosi localizzati lungo lo spartiacque e nella parte centrale. Il fiume nasce sotto il Monte Barracù con il nome di Vallone di Margi e prosegue con quello di fiume Mendola ricevendo, in sponda sinistra, i deflussi del Vallone Guddemi. Procedendo verso valle, fino alla confluenza col torrente Azziriolo, il fiume prosegue prima, sotto il nome di fiume

Centosalme e poi con il nome di fiume Vicari, ricevendo, in sponda destra, le acque provenienti dal Vallone Giardo e dal più importante torrente Riena. Nella zona centrale dell'asta principale, confluisce, in sponda sinistra, il torrente Azziriolo, che rappresenta l'affluente più importante dell'intero bacino. Esso nasce presso il Bosco della Ficuzza, ai piedi della Rocca Busambra, in territorio di Godrano, si sviluppa per circa 25 Km con direttrice sud-est e confluisce con il fiume San Leonardo, al confine fra il territorio dei comuni di Ciminna e Vicari. Nel bacino ricadono i centri abitati di Vicari, Ciminna, Ventimiglia di Sicilia e Caccamo.

Sul fiume San Leonardo, in una stretta a pochi Km dalla foce, è stata realizzata la diga Rosamarina che crea un invaso di circa 100 Mm^3. Tale opera è destinata a soddisfare la domanda irrigua dei comprensori costieri quasi fino al capoluogo e, in parte, la domanda civile del capoluogo. Nella parte più montana del torrente Azziriolo insistono alcune traverse di derivazione che collegano il bacino di questo corso d'acqua al contermine bacino del fiume Eleutero al fine di addurre le risorse derivate al serbatoio artificiale Scanzano.

Bacino del fiume Milicia. Il bacino idrografico del fiume Milicia si estende nel territorio della provincia di Palermo per 123 Km^2 (Pecora, 1968, p. 68). Esso si inserisce tra il bacino del fiume Eleuterio ad ovest, il bacino del torrente Azziriolo a sud ed il bacino del fiume San Leonardo ad est. Nel suddetto bacino ricadono i centri abitati di Cefalà Diana, Villafrati, Baucina, Bolognetta e Altavilla Milicia. Il corso d'acqua ha origine nei pressi del bosco di Cappelliere in territorio di Marineo e lungo il suo percorso di circa 25 km, riceve le acque di diversi affluenti tra i quali il fiume Buffa che nasce nei pressi del centro abitato di Godrano e confluisce, in destra, nel territorio di Villafrati e nei pressi del Vallone Sercia le cui acque si originano a nord del centro abitato di Baucina e confluiscono, in destra, presso Passo Garretta al confine tra il territorio di Bolognetta e di Casteldaccia. Il fiume Milicia sfocia nel Mar Tirreno a nord del centro abitato di Altavilla Milicia.

Bacino del fiume Eleutero. Tale bacino idrografico si estende nella provincia di Palermo per 210 Km^2, dal bosco della Ficuzza, appartenente al territorio di Monreale, sino al Mar Tirreno in Contrada Piano di Mare al confine fra il territorio di Ficarazzi e Bagheria (Pecora, 1968, p. 68). Esso si inserisce tra il bacino del fiume Milicia ad est e quello del fiume Oreto ad ovest. Lungo il suo percorso riceve le acque di alcuni affluenti tra i quali i più importanti sono quelli che si formano ai piedi del Vallone Acqua di Masi e che si originano in prossimità del centro abitato di Santa Cristina Gela e confluiscono in sinistra, presso Molino Nuovo, al confine tra il territorio di Marineo e Santa Cristina Gela, e gli affluenti che si raccolgono ai piedi del Vallone Landro e si originano presso Portella di Palermo, in territorio di Belmonte Mezzagno e confluiscono, in sinistra, nel territorio di Misilmeri. Nel bacino ricadono i centri abitati di Marineo, Santa Cristina Gela, Belmonte Mezzagno, Misilmeri e Ficarazzi. Sul corso del fiume

Eleutero, che si sviluppa per circa 32 Km, a circa 30 Km dalla foce è stata costruita, nel periodo 1957-1962, la diga del lago Scanzano che sbarra anche le acque del Vallone Rossella. La diga sottende un bacino diretto di 26,6 Km^2. Vengono inoltre derivate nell'invaso, oltre alle acque del tratto di monte del fiume Belice Sinistro (Fiume di Frattina), anche i deflussi del Vallone Arcera, affluente in destra, del fiume Eleutero e dei Valloni Buscesci e Montagnola, affluenti, in sinistra. La superficie sottesa delle opere di presa è pari a 36,5 Km^2 per il fiume Frattina, a 4,5 Km^2 per il Vallone Arcera e a 3,5 Km^2 per gli affluenti, in sinistra, del fiume Eleutero. Più a valle, in località Monte Tesoro, è stata realizzata una traversa di derivazione ad acqua fluente, gestita dall'AMAP, per l'approvvigionamento idrico della città di Palermo e di altri comuni della costa orientale. Le acque derivate sono potabilizzate nel vicino impianto di Risalaimi. I volumi derivati, in media, ammontano a circa 1,0 Mm^3/anno.

Il bacino del fiume Oreto. Tale bacino idrografico occupa un'estensione di 111 Km^2 nella provincia di Palermo dal Monte La Pizzuta e dal Monte Gibilmesi sino al Mar Tirreno, alla periferia sud del centro abitato del capoluogo (Pecora, 1968, p. 68). Esso confina con il bacino del fiume Iato a sud-ovest, il bacino del fiume Belice Destro a sud ed il bacino del fiume Eleutero ad est. Nel bacino ricadono i centri abitati di Altofonte e Monreale, e una parte del centro abitato di Palermo. Il corso del fiume Oreto si sviluppa per circa 20 Km e riceve, lungo il suo percorso, le acque di piccoli affluenti. Le sue acque sono utilizzate prevalentemente a scopo irriguo e a pochi Km dalla foce si trova un'opera di derivazione ad acqua fluente, denominata Santa Caterina gestita dall'AMAP. Le acque derivate vengono potabilizzate nell'impianto Gabriele. I volumi annui in media ammontano a circa 3,4 Mm^3.

Bacino del fiume Nocella. Il bacino idrografico dell'omonimo fiume si estende nel territorio della provincia di Palermo per 99 Km^2, da Monte Signora e Monte Fior dell'Occhio, nel comune di Monreale, sino al Mar Tirreno al confine tra i territori delle circoscrizioni amministrative di Terrasini e di Trappeto, presso Torre San Cataldo (Pecora, 1968, p. 68). L'altitudine media del bacino è di 407 m. s.l.m., quella massima è di 1.194 m. s.l.m. Esso si inserisce tra i bacini del fiume Iato a sud e del fiume Oreto ad est. Il fiume Nocella trae origine dalle pendici di Punta di Cuti nel territorio di Monreale e lungo il suo percorso, di circa 18 Km, riceve le acque di diversi piccoli affluenti. I comuni che fanno parte di questo bacino sono: Borgetto, Montelepre, Giardinello e una parte del centro abitato di Partinico. Lungo il corso di alcuni affluenti sono state realizzate diverse opere di derivazione ad acqua fluente per l'allacciamento, tramite gallerie, di questi piccoli bacini al contermine bacino del fiume Iato sulla cui asta principale insiste la diga Poma.

Bacino del fiume Iato. Il bacino idrografico di questo fiume si estende per 183 Km^2 nella provincia di Palermo, dal centro abitato di Camporeale e dal Monte La Pizzuta, sino al Mar Tirreno in territorio di Balestrate (Pecora, 1968, p.

73). Esso confina con il bacino del fiume San Bartolomeo a sud-ovest e con il bacino del fiume Oreto a nord-est. Nel bacino ricadono i centri abitati di San Giuseppe Jato e di San Cipirello. Il fiume si sviluppa per circa 33 Km e lungo il suo percorso riceve le acque di diversi affluenti tra i quali il Fosso della Ginestra, nella parte di monte, e le acque che precipitano dal Vallone Desisa, nella parte centrale, a monte del lago Poma formatosi dallo sbarramento del fiume Iato a circa 10 Km dalla foce, sbarramento che è stato completato nel 1968. La diga sottende un bacino di circa 164 Km^2 e crea un invaso di circa 68 Mm^3 di capacità utile. A causa della natura argillosa del bacino imbrifero e dell'esiguo rimboschimento effettuato sulle sponde, il fenomeno dell'interrimento risulta notevolmente sviluppato. Le acque invasate nel lago Poma vengono derivate per l'approvvigionamento idrico della città di Palermo e dei centri abitati di Terrasini, Cinisi, Capaci e Isola delle Femmine e per irrigare circa 5.800 ha di terreno del Consorzio irriguo Iato, ora afferente al Consorzio di Bonifica 2-Palermo. A valle della diga Poma esiste una derivazione ad acqua fluente, denominata «Madonna del Ponte» e gestita dall'AMAP. Le acque derivate (mediamente 2,1 Mm^3/anno) sono trattate nel potabilizzatore Cicala, dove confluiscono anche le acque derivate dall'invaso Poma.

Bacino del fiume Belice Destro. Il bacino idrografico del fiume Belice Destro, che unitamente al Belice Sinistro, al Verdura e al Platani ricadono nel versante meridionale della Sicilia, si estende per 263 Km^2 interessando i territori di due province: Palermo e Trapani (Pecora, 1968, p. 73). Si tratta di un sottobacino del fiume Belice o Basso Belice che comprende anche il fiume Belice Sinistro. Il ramo destro trae la propria origine nella zona settentrionale del bacino del Belice, nel circondario dei comuni di Santa Cristina Gela e Piana degli Albanesi. In questa parte del bacino, nella stretta tra i monti di Kumeta e Maganoce, è stata costruita una diga che forma l'invaso di Piana degli Albanesi. Il corso d'acqua, sotto il nome di fiume Grande, scorre verso valle e, dopo aver ricevuto gli apporti di alcuni piccoli affluenti e aver superato la stretta di Piano del Campo, prende il nome di fiume Pietralunga. In questo tratto il fiume, che si sviluppa per complessivi 55 Km, riceve numerosi torrenti, il più importante dei quali è il Fosso della Patria. Più a sud, in sponda destra, confluiscono le acque che precipitano dal Vallone di Borragine e dal Vallone di Ravanusa. Il bacino si colloca nel settore più occidentale della Sicilia e in esso ricadono i centri abitati di Piana degli Albanesi, Santa Cristina Gela, Camporeale, Roccamena; nella limitrofa provincia di Trapani, ricade una parte del comune di Poggioreale. Il lago Piana degli Albanesi è il più antico serbatoio della Sicilia; il bacino imbrifero diretto, sotteso dalla sezione di chiusura del lago, si estende per 37,6 Km^2, mentre risultano allacciate due gronde del fiume Eleuterio per una superficie complessiva di 3,75 Km^2. La capacità utile di progetto del serbatoio è di 24,6 Mm^3, mentre oggi risulta una capacità utile di circa 22 Mm^3. Le acque derivate sono utilizzate, oltre che a scopo idroelettrico,

a scopo prevalentemente civile (approvvigionamento della città di Palermo) e irriguo.

Bacino del fiume Belice Sinistro. Il bacino idrografico del fiume Belice Sinistro, come il bacino del fiume Belice Destro, interessa il territorio delle due province di Palermo e Trapani e si estende per 407 Km^2 (Pecora, 1968, p. 73). Il ramo sinistro del fiume Belice trae la propria origine dalle pendici del Monte Leardo e dalla Rocca Busambra con il nome di Fiume di Frattina ed è alimentato da alcuni piccoli torrenti tra i quali il Fosso di Bicchinello in territorio di Corleone. Dallo stesso circondario confluisce, sempre in sinistra idrografica, il torrente Corleone che trae origine dalla zona di Monte Cardellia e attraversa il centro abitato di Corleone. Successivamente il corso d'acqua prende il nome di Belice Sinistro e riceve i maggiori affluenti: torrente Batticano e torrente Realbate, il primo proviene dal circondario di Campofiorito e nasce dalle pendici di Montagna Vecchia e Monte Barracù, il secondo raccoglie le acque provenienti dal territorio di Campofiorito e Contessa Entellina e trae origine dalle pendici settentrionali della Rocca Rossa e di Portella Balata, alle pendici di Monte Genuardo. Il fiume Belice Sinistro, prima della confluenza col ramo destro, riceve gli apporti delle acque provenienti dal Vallone Petraro e dal Vallone Vaccarizzo. Quest'ultimo le riceve dal circondario di Contessa Entellina e di Borgo Cavaliere. I centri abitati ricadenti nel bacino del fiume Belice Sinistro, che si colloca nel settore occidentale della Sicilia, sono: Corleone, Bisacquino, Contessa Entellina e Campofiorito. Sul Belice Sinistro è stata realizzata la diga Garcia, che sottende un bacino di 366 Km^2 con una capacità utile di 60 Mm^3/anno. Le sue acque sono utilizzate ad uso civile ed irriguo. Attualmente le acque derivate a uso civile sono mediamente 9,0 Mm^3/anno e sono potabilizzate nell'impianto di Sambuca di Sicilia. L'uso irriguo delle acque avviene principalmente tramite il collegamento esistente tra questo serbatoio e il serbatoio Arancio che serve un vasto comprensorio irriguo già da molti anni attrezzato e in esercizio, mentre le opere irrigue consortili a cui sono destinate le acque del serbatoio Garcia, nei comprensori irrigui gestiti dai Consorzi di Bonifica 1 Trapani e 2 Palermo, sono ancora, in parte, da realizzare.

Bacino del fiume Verdura. Il bacino idrografico del fiume Verdura si estende per 422 Km^2, dai centri abitati di Santo Stefano Quisquina (AG) e di Prizzi (PA) sino al Mar Mediterraneo (Pecora, 1968, p. 73). Esso si inserisce tra il bacino del fiume Carboi ad ovest ed il bacino del fiume Magazzolo ad est e ricade quasi completamente nella provincia di Agrigento tranne una piccola parte della zona di monte che ricade nella provincia di Palermo. Nella porzione di bacino, pertinente alla provincia di Palermo, rientrano i centri abitati di Prizzi, Palazzo Adriano, Bisacquino, Chiusa Sclafani e Giuliana. Il fiume nasce nella Serra del Leone in prossimità di Santo Stefano Quisquina presso Cozzo Confessionario con il nome di fiume Sosio e si sviluppa per circa 56 Km. Lungo il suo percorso riceve le acque di piccoli affluenti e nei pressi del rudere del Castello di Gristia,

al confine con la provincia di Palermo e quella di Agrigento, il fiume attraversa una strettissima gola, lunga circa 8 Km e profonda 300 metri. Nella parte alta del bacino sono stati costruiti tre invasi: il lago Pian del Leone, il lago Prizzi e il lago Gammauta. Di queste opere, il serbatoio Prizzi è utilizzato a scopo irriguo e potabile, il Piano del Leone a scopo potabile mentre il serbatoio Gammauta, data la propria ridotta capacità d'invaso, funge da vasca di carico per le portate rilasciate da monte. Tutte le tre opere afferiscono, sotto il profilo dell'approvvigionamento idropotabile, allo schema Fanaco, a servizio, prevalentemente, dei comuni della provincia di Agrigento. Il Lago Pian del Leone sottende un bacino di circa 23 Km^2. La capacità utile del progetto del serbatoio è di circa 4 Mm^3 ma a causa dell'interrimento della parte alta dell'invaso, il volume risulta ridotto a 2,8 Mm^3. Il lago Prizzi nasce dallo sbarramento di una gola del fiume Raia, affluente del fiume Verdura, presso contrada Mulinello in provincia di Palermo. Lo sbarramento sottende un bacino imbrifero di circa 20 Km^2. All'invaso vengono addotti i deflussi di circa 10 Km^2 di bacino del Vallone Margi, affluente del fiume San Leonardo. La capacità utile di progetto del serbatoio è di 8,4 Mm^3. Anche in questo serbatoio si è verificato un notevole interrimento, cosicché la capacità utile è in atto di 7,5 Mm^3. Il lago Gammauta nasce dallo sbarramento del fiume Verdura presso la stretta di Gammauta, lo sbarramento sottende un bacino di circa 112 Km^2. A tale superficie deve però essere decurtata quella dei bacini sottesi dagli altri due laghi; pertanto la superficie sottesa del lago è di circa 69 Km^2. La capacità utile di progetto del serbatoio è di 1,5 Mm^3, anche per questo lago si è però verificato un notevole interrimento che ha portato la capacità utile a circa 1,0 Mm^3.

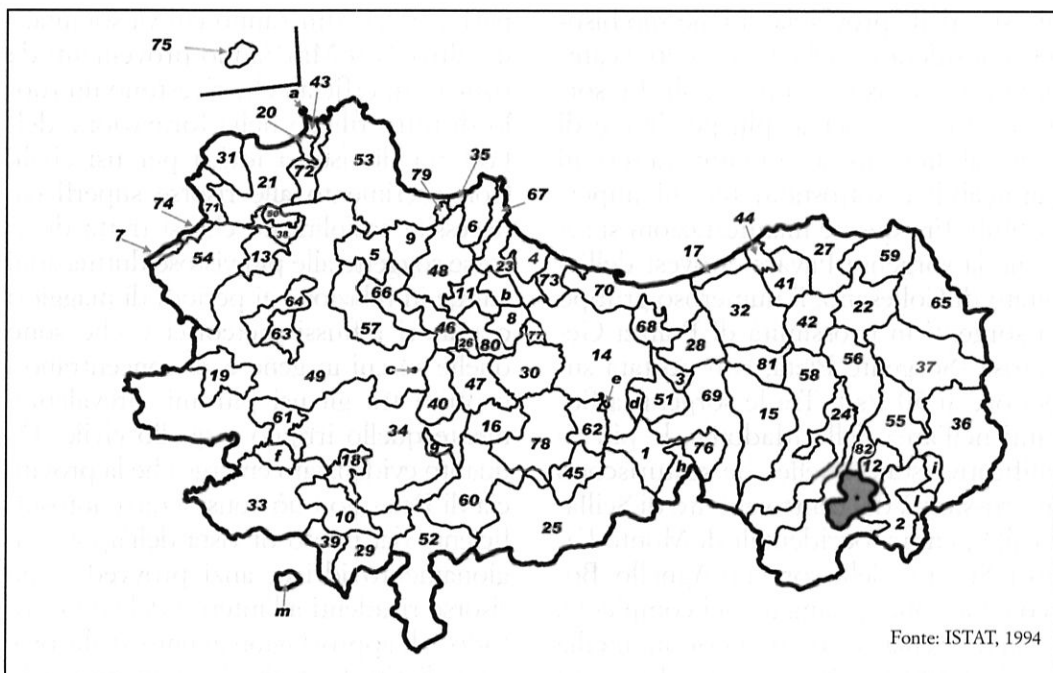
Bacino del fiume Platani. Il bacino idrografico del fiume Platani si estende per 1.785 Km^2, dai centri abitati di Santo Stefano Quisquina (AG) e Lercara Freddi (PA) sino ai pressi di Capo Bianco sul Mar Mediterraneo (Pecora, 1968, p. 67). Esso si inserisce tra il bacino del fiume Magazzolo ad ovest ed il bacino del Fosso delle Canne ad est e ricade nel territorio delle province di Agrigento, Caltanissetta e Palermo. I centri abitati della provincia di Palermo che insistono all'interno del bacino sono: Castronuovo di Sicilia e in parte Lercara Friddi. Il fiume, che è uno dei più importanti corsi d'acqua del versante meridionale della Sicilia, nasce in prossimità di Santo Stefano Quisquina presso Cozzo Confessionario e si sviluppa per circa 103 Km. Lungo il suo percorso riceve le acque di molti affluenti importanti.

Nella parte alta del bacino, ad est del centro abitato di Castronuovo di Sicilia, è stato costruito nel 1956 il serbatoio Fanaco, esso sottende un bacino imbrifero diretto di 50 Km^2 e risultano ad esso allacciati circa 5,6 Km^2 del bacino imbrifero del Vallone Cacugliommero. La capacità utile di progetto del lago è di 18,5 Mm^3. A queste acque, si aggiungono quelle che confluiscono nel vascone di raccolta di Scaletta e quelle del laghetto Faustina, infrastrutture realizzate a valle del lago Fanaco.

Nel valutare le risorse idriche com-

plessive della provincia di Palermo bisogna considerare anche le sorgenti, i campi pozzi e le risorse superficiali. Le sorgenti affiorano per lo più per limite di permeabilità, cioè al contatto tra terreni permeabili e sottostanti terreni impermeabili. Fra queste manifestazioni si segnala la sorgente Favara, a ovest dell'abitato di Collesano, il numeroso gruppo di sorgenti in prossimità di Polizzi Generosa (Sorgente Pietà, con portata superiore ai 50 l/s.). Tra le sorgenti affioranti nell'area delle Madonie, le più significative sono quelle che scaturiscono in prossimità del centro abitato di Scillato alle pendici occidentali di Monte Fanusi. Si tratta delle sorgenti Agnello, Bosco e Golfone, chiamate, nel complesso, sorgenti Scillato, con una portata media di oltre 500 l/s. Nell'area madonita va ancora ricordata la sorgente Presidiana (anch'essa con portata media superiore ai 500 l/s.) che sgorga alla base della Rocca di Cefalù. Nei Sicani, a sud di Prizzi, si hanno manifestazioni di una certa importanza collegate con le rocce calcaree triassiche dalle quali trae origine il gruppo di sorgenti Montescuro che alimenta i due rami, est ed ovest, dell'omonimo acquedotto. In base alla ricognizione effettuata dalla SOGESID S.p.A. nel 2002, nella provincia, le sorgenti in tutto censite risultano 133 di cui utilizzate solo 10 con un volume, attualmente disponibile di 56,0 Mm^3/anno di portata idrica. Per quanto concerne i campi pozzi essi assommano a 91 e la disponibilità in atto del volume di risorse utilizzabili è pari a 46,1 Mm^3/anno. Complessivamente, il totale delle risorse sotterranee (pozzi e sorgenti) prelevate è pari a 102,1 Mm^3/anno cui va sommato un altro 41,9 Mm^3/anno provenienti da risorse superficiali che rivestono un ruolo di tutto rilievo nella formazione dell'offerta di risorsa idrica per usi civili. Con riferimento alle risorse superficiali necessita sottolineare che si tratta di risorse soggette alle più vistose fluttuazioni annue in relazione ai periodi di maggiori o minori afflussi meteorici e che sono quelle su cui in genere, si concentrano i conflitti tra gli usi plurimi, prevalentemente quello irriguo e quello civile. Da quanto evidenziato emerge che la provincia di Palermo può considerarsi autosufficiente dal punto di vista dell'approvvigionamento idrico, anzi provvede, con risorse ricadenti all'interno del suo territorio, all'approvvigionamento delle province limitrofe. Complessivamente, a livello provinciale, sono stati prodotti nel 2002, circa 183,6 Mm^3/anno di acqua destinati alle utenze civili. Di questi, circa 38,5 Mm^3/anno sono stati trasferiti alle limitrofe province di Trapani, Agrigento e Caltanissetta, mentre risultano in ingresso 3,3 Mm^3/anno provenienti dalle province di Enna (acquedotto Ancipa Alto) e Agrigento (acquedotto Fanaco). Le risorse complessivamente movimentate, all'interno del territorio provinciale nel corso dell'anno 2002, sono risultate pari a 148,4 Mm^3/anno (183,6-38,5+3,3=148,4).

3. Analisi demografica del territorio provinciale di Palermo e approvvigionamento idropotabile

L'analisi demografica del territorio provinciale di Palermo è stata condot-

Fonte: ISTAT, 1994

COMUNI

1	Alia	22	Castelbuono	43	Isola delle Femmine	64	San Giuseppe Jato
2	Alimena	23	Casteldaccia	44	Lascari	65	S. Mauro Castelverde
3	Aliminusa	24	Castellana Sicula	45	Lercara Friddi	66	Santa Cristina Gela
4	Altavilla Milicia	25	Castronuovo di Sic.	46	Marineo	67	Santa Flavia
5	Altofonte	26	Cefalà Diana	47	Mezzojuso	68	Sciara
6	Bagheria	27	Cefalù	48	Misilmeri	69	Sclafani Bagni
7	Balestrate	28	Cerda	49	Monreale	70	Termini Imerese
8	Baucina	29	Chiusa Sclafani	50	Montelepre	71	Terrasini
9	Belmonte Mezzagno	30	Ciminna	51	Montemag. Belsito	72	Torretta
10	Bisacquino	31	Cinisi	52	Palazzo Adriano	73	Trabia
11	Bolognetta	32	Collesano	53	Palermo	74	Trappeto
12	Bompietro	33	Contessa Entellina	54	Partinico	75	Ustica
13	Borgetto	34	Corleone	55	Petralia Soprana	76	Valledolmo
14	Caccamo	35	Ficarazzi	56	Petralia Sottana	77	Ventimiglia di Sic.
15	Caltavuturo	36	Gangi	57	Piana degli Albanesi	78	Vicari
16	Campof. di Fitalia	37	Geraci Siculo	58	Polizzi Generosa	79	Villabate
17	Campof. di Roccella	38	Giardinello	59	Pollina	80	Villafrati
18	Campofiorito	39	Giuliana	60	Prizzi	81	Scillato
19	Camporeale	40	Godrano	61	Roccamena	82	Blufi
20	Capaci	41	Gratteri	62	Roccapalumba		
21	Carini	42	Isnello	63	San Cipirello		

ISOLE AMMINISTRATIVE, MARITTIME E LACUALI E COMUNE DI APPARTENENZA

a	Isola delle Femmine (Isola delle Femmine)	e	Molinazzo (Roccapalumba)	i	Casalgiordano (Blufi)
b	Traversa (Ventimiglia di Sicilia)	f	Bruca (Bisacquino)	l	Cugno Cavallo (Bompietro)
c	Ficuzza (Corleone)	g	Molara (Prizzi)	m	San Biagio (Bisacquino)
d	Vacco (Sclafani Bagni)	h	Fontana Murata (Sclafani Bagni)	*	Resuttano (Caltanissetta)

FIGURA 2– *Provincia di Palermo. Suddivisione comunale del territorio.*

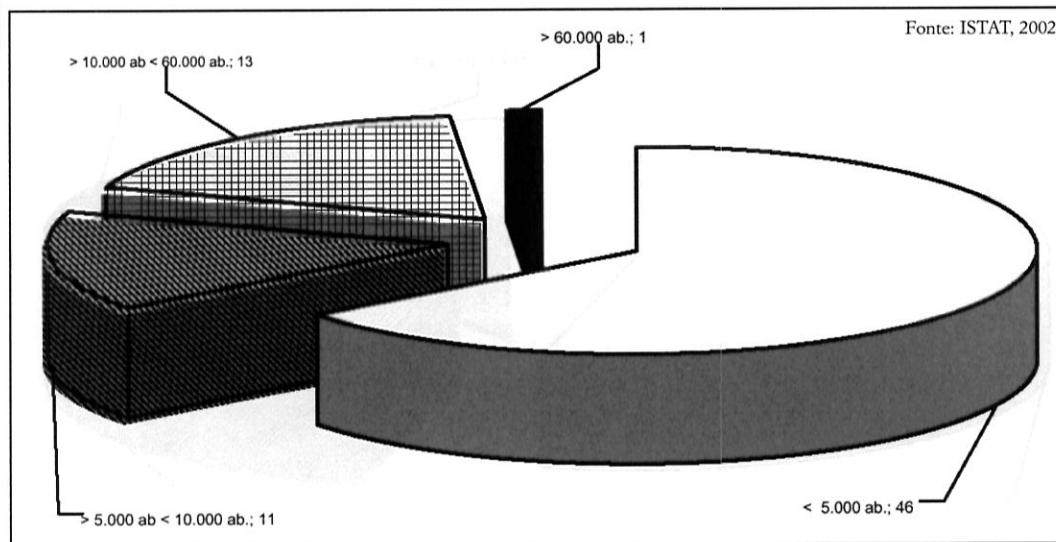



FIGURA 3 – *Provincia di Palermo. Suddivisione della popolazione residente per numero di comuni.*

ta, per quanto concerne la popolazione residente, su dati, non definitivi, pubblicati nel 14° censimento generale della popolazione e delle abitazioni 2001 (ISTAT, 2002), mentre per quelli riguardanti la popolazione fluttuante, i dati esaminati, anche se non esaustivi del fenomeno e basati su stime, sono stati forniti dalle amministrazioni comunali e dai diversi Soggetti preposti alla gestione del servizio idrico. Per la città di Palermo i dati sono stati elaborati dall'AMAP, responsabile dell'approvvigionamento idropotabile del capoluogo.

Nel 2001 la popolazione residente, nel territorio provinciale dell'ATO di Palermo, è risultata pari a 1.198.644 unità (ISTAT, 2002). Ma tale popolazione non risulta omogeneamente distribuita negli 82 comuni in cui è suddiviso il territorio provinciale (Fig. 2). Fatta eccezione per il capoluogo, in cui risiede oltre la metà della popolazione, il restante territorio provinciale è costituito da centri abitati di dimensioni medio-piccole. Su complessivi 82 comuni, 46 di essi che occupano una superficie territoriale pari al 52% del totale, hanno soglia demografica inferiore a 5.000 abitanti (Fig. 3), numero 22, che occupano il 19% del territorio provinciale, rientrano nella soglia media compresa tra 5.000 e 10.000 abitanti, 13 comuni con estensione territoriale pari al 26% del totale, ricadono nella soglia medio-grande con popolazione compresa tra 10.000 e 60.000 abitanti, e solo un comune, relativo alla città di Palermo (652.640 ab.) il cui territorio ricopre appena il 3% dell'intera provincia, accoglie il 54% della popolazione complessiva con una densità di 4.108 ab. per Km^2 (Fig. 4).

Fonte: ISTAT, 2002

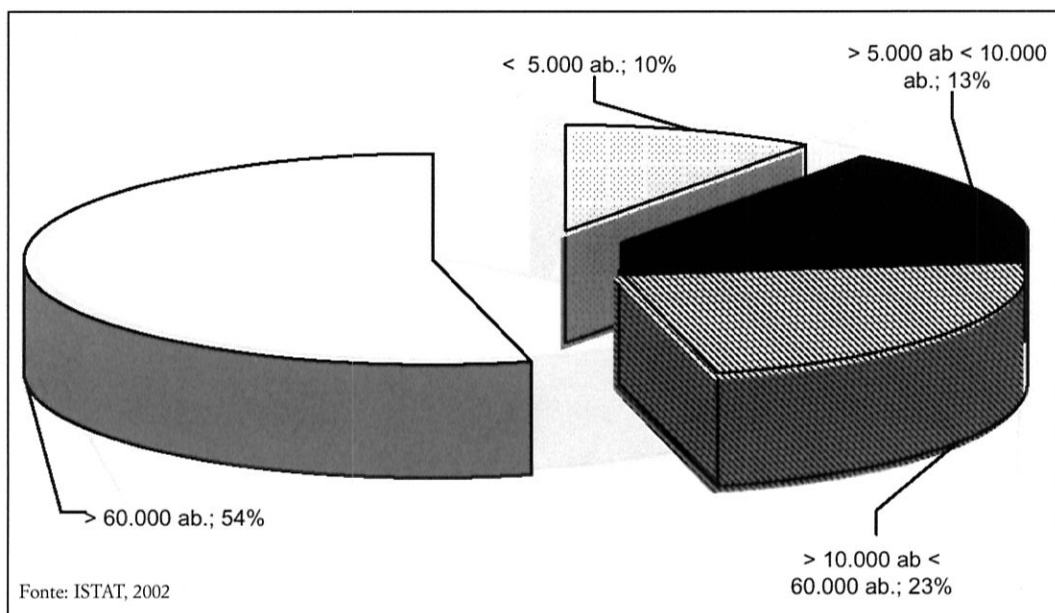



FIGURA 4 – *Provincia di Palermo. Percentuale della popolazione residente per classi di ampiezza demografica.*

Nonostante soltanto 14 comuni su 82 abbiano una popolazione superiore ai 10.000 abitanti, in essi è concentrato oltre il 77% della popolazione complessiva (13 comuni pari al 54% + un comune pari al 23% = 77%). Per quanto attiene la densità abitativa, essa si attesta su valori medi di 240 abitanti/Km^2, con punte significative in molti popolosi comuni costieri, che oltre a Palermo riguardano Villabate (4.797 abitanti/Km^2), Ficarazzi (2.645 abitanti/Km^2), Bagheria, Balestrate, Isola delle Femmine e Capaci (con densità pari a circa 1.500 abitanti/Km^2). La dislocazione degli abitanti, all'interno del territorio provinciale, evidenzia una differente caratterizzazione demografica tra i comuni che ricadono nella fascia costiera ed i comuni interni. Infatti, a fronte di una superficie territoriale della fascia costiera pari a circa il 13% di quella totale provinciale, i residenti rappresentano il 77% della popolazione complessiva, con una densità media pari a 1.407 abitanti per Km^2, cioè quasi sei volte superiore alla media provinciale. La disomogeneità distributiva dei residenti sul territorio dei comuni della fascia costiera e dei comuni dell'area interna, è resa ancor più evidente dall'analisi condotta sulla popolazione fluttuante. Sotto questa locuzione sono state individuate tre categorie di presenze non residenti così differenziate:

a) i cosiddetti stabili non residenti, concentrati nel capoluogo e legati alle attività amministrative, economiche e accademiche della città e contraddistinti

da periodi di permanenza paragonabili a quelli dei residenti;

b) le presenze estive residenti in strutture non alberghiere o extralberghiere;

c) le presenze turistiche in strutture alberghiere o extralberghiere.

Sotto il profilo dell'approvvigionamento idropotabile, acquistano importanza la prima e la terza tipologia di presenze perché generano una domanda d'acqua aggiuntiva rispetto alla popolazione residente, mentre la seconda tipologia, essendo costituita da residenti che si trasferiscono, nella stagione estiva, in altri centri della fascia costiera, che sono al momento approvvigionati da fonti comuni, non determina a livello provinciale e di ATO, un fabbisogno incrementale di risorsa idrica. Sotto la denominazione di «popolazione fluttuante» è quindi indicato un insieme articolato di modalità di presenze sul territorio e di utilizzazione dei servizi. L'aggettivo «fluttuante» intende rimarcare da una parte, la differenza tra tali modalità e la modalità permanente di presenza nel territorio che è il tratto caratteristico della popolazione residente, e dall'altra la possibilità di scomporre tale insieme in un'aliquota legata a un trasferimento interno, che non incide quindi, sull'incremento dei fabbisogni a scala territoriale aggregata, e a una componente esterna, alla quale è legato l'effettivo incremento di fabbisogno di risorsa. L'entità e le caratteristiche degli spostamenti di tali tipologie di presenze, all'interno dell'area in esame, costituiscono l'altra dimensione del fenomeno, la cui conoscenza è necessaria per valutare le risorse aggiuntive per il soddisfacimento dei fabbisogni. Con riferimento al territorio dell'ATO di Palermo, necessita fare una distinzione tra tre aree diverse per tipologia di popolazione fluttuante: la fascia costiera, il territorio del comune di Palermo e il rimanente territorio provinciale.

I centri della fascia costiera sono soggetti a congrue punte di presenza nel periodo estivo, legate da una parte, alla popolazione non residente stagionale proveniente essenzialmente da altri centri della fascia costiera, con in testa il capoluogo, e dall'altra a presenze con permanenza per periodi brevi. Va comunque sottolineato che tutti i centri della suddetta fascia sono o possono essere alimentati dai grossi schemi acquedottistici che approvvigionano da est e da ovest il comune di Palermo e che possono essere considerati tra loro interconnessi attraverso gli interventi di collegamento dei serbatoi della città di Palermo, interventi in parte già completati e in parte in corso di realizzazione. In una valutazione complessiva a scala annua, del bilanciamento tra domanda ed offerta di risorsa idrica, l'aliquota di domanda aggiuntiva per il sistema di approvvigionamento della fascia costiera è collegata alla popolazione fluttuante proveniente dall'esterno dell'area e rivolta alla tipologia di presenza turistica ospitata in alberghi, campeggi e simili strutture ricettive.

Il comune di Palermo è caratterizzato da tutte le tipologie di fluttuazione abitativa sopra individuate. Nel capoluogo gravita una popolazione non residente, di entità consistente, legata alla vocazione universitaria e amministrativa, oltre ad una popolazione fluttuante con permanenze giornaliere di tipo strettamente

turistico a carattere nazionale ed internazionale. La città è pertanto soggetta ad un flusso negativo di popolazione residente, nel periodo estivo, che si sposta verso i limitrofi centri costieri. La popolazione stabile, anche se non residente, deve essere quindi trattata a tutti gli effetti come una popolazione residente, mentre l'aliquota di popolazione non stabile, la cui permanenza è limitata a brevi periodi, riveste le caratteristiche di un'utenza cui possono essere attribuite dotazioni più basse, data la loro esigua incidenza sugli usi collettivi e sui consumi d'acqua.

Nell'ultima ripartizione provinciale considerata, la modesta dimensione della ricettività alberghiera e la minore consistenza delle attività economiche ed amministrative, concentrata prevalentemente nei comuni della fascia costiera, fa si che la popolazione fluttuante sia prevalentemente di tipo stagionale e legata al ritorno degli emigranti. Si tratta quindi di un fabbisogno aggiuntivo rispetto a quello della popolazione residente.

In base ai dati elaborati dalla SOGESID S.p.A. la prima tipologia di popolazione fluttuante viene quantificata in 48.000 unità, la seconda in 357.000 abitanti presenti nella stagione estiva, la terza in 3.609.333 presenze presso esercizi alberghieri ed extralberghieri, indipendentemente dal periodo dell'anno in cui queste si verificano, sulla base dei dati del 2000 ufficializzati dall'Azienda Turistica della provincia di Palermo (ATP). In termini quantitativi e con riferimento ai valori di popolazione fluttuante durante la stagione estiva, si evince che 16 comuni (pari al 19% dei complessivi 82), quasi tutti della zona costiera, sono gravati da una popolazione superiore del 100% rispetto a quella residente, con punte massime anche del 300% sui residenti, 12 comuni (il 15% del totale) tra il 25% ed il 100%, ed i restanti 54 comuni (pari al 66% del totale) rasentano una percentuale di fluttuanti stagionali, inferiore al 25% della popolazione residente (Fig. 5).

Dal quadro tracciato emerge, che nel corso della stagione estiva, nella provincia di Palermo, la situazione idropotabile si presenta più grave in città e nei comuni della fascia costiera rispetto al rimanente territorio. Le risorse acquifere disponibili, attualmente, ammontano a 148,4 Mm^3/anno con un consumo pro capite di circa 174 l/abitante al giorno rispetto alle dotazioni pro capite al serbatoio che sono invece pari a 291 l/abitante al giorno. Il diverso valore che si riscontra nella fase di adduzione rispetto a quella di distribuzione, evidenzia l'elevato livello delle perdite delle condutture. A livello provinciale, tale valore, tra il volume immesso in rete e quello fatturato, si attesta intorno al 40% del volume immesso. In particolare, le condotte delle reti di distribuzione per il settore idropotabile, a livello provinciale, misurano in totale 2.900 Km e circa il 21,6% è stato realizzato dopo il 1990, il 14,4% tra il 1980 ed il 1990, il 16,8% tra il 1970 ed il 1980, il 16,7% tra il 1950 ed il 1970, mentre il 3,2% prima del 1950, sul rimanente 27,3%, non si hanno informazioni sulla funzionalità (Osservatorio sull'Economia Siciliana, 1999). Per quanto concerne i serbatoi ne sono stati censiti 263 (di cui 11 non in esercizio). Tali serbatoi hanno una capacità variabile da po-

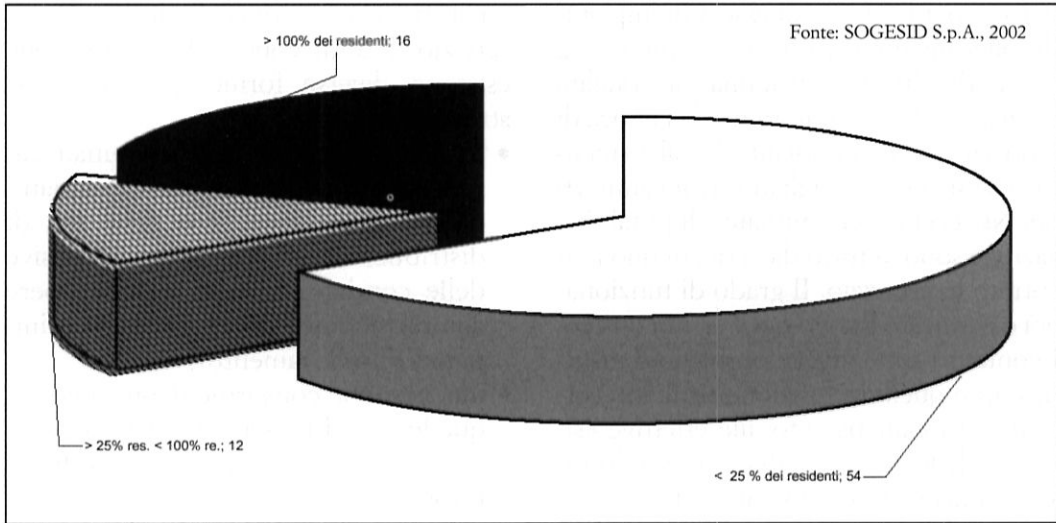



FIGURA 5 – *Provincia di Palermo. Suddivisione della popolazione fluttuante per numero di comuni.*

che decine di metri cubi, a 90.000 m^3 del serbatoio Montegrifone e del serbatoio Petrazzi, terminali rispettivamente degli acquedotti Scanzano-Risalaimi e Iato, entrambi al servizio della città di Palermo. Il volume complessivo dei serbatoi censiti è pari a circa 379.000 m^3. In particolare, nella provincia, ricadono otto serbatoi di regolazione attualmente utilizzati a scopo civile o industriale. La maggior parte di essi svolge un servizio a uso promiscuo, generalmente civile/irriguo e soltanto i serbatoi Poma, Piana degli Albanesi e Scanzano quando entreranno a pieno regime, saranno utilizzati per il servizio idrico dell'ATO di Palermo. A questi serbatoi deve aggiungersi il serbatoio Rosamarina, sul fiume S. Leonardo che, con una capacità utile di poco meno di 100 Mm^3 è il più grosso della provincia. L'uso delle sue acque è programmato per circa 60 Mm^3/anno per uso irriguo e il 60% per uso civile. Sono già da qualche tempo derivate risorse per l'uso irriguo, mentre per l'uso civile, la città di Palermo ha in itinere un progetto, già finanziato, per ottenere circa 20 Mm^3/anno da derivare con una bretella di collegamento tra l'adduttrice mista S. Leonardo ovest (gestione ESA) ed i potabilizzatori di Risalaimi (gestione AMAP). Risulta inoltre completato di recente un collegamento tra il serbatoio Rosamarina e il potabilizzatore AMAP che potabilizza, in atto, le acque dell'Imera Meridionale derivate dalla traversa Scillato. Nel complesso è prevista una quota di prelievo per gli usi civili dal serbatoio Rosamarina, fino ad un massimo di circa 30 Mm^3/anno. Le adduttrici misurano in totale 1.275 Km e circa il 30% di esse vanta un'età superiore ai trent'anni. La funzionalità è giudicata suf-

ficiente per il 91,7% di esse. Gli impianti di sollevamento censiti sono in totale 152 di cui, di 140, si giudica una funzionalità sufficiente. Per quanto riguarda l'epoca di costruzione degli impianti di sollevamento, essa si fa risalire agli inizi degli anni '70 del Novecento. Gli impianti di potabilizzazione sono in tutto dieci di cui uno non entrato in esercizio. Il grado di funzionalità è giudicato buono e per alcuni ottimo. I contatori sono invece obsoleti ed insufficienti e quelli in funzione risultano sottodimensionati rispetto alle effettive esigenze delle utenze. Alla carenza infrastrutturale si deve sommare il disservizio, causato dalla settorialità delle funzioni affidate a molti Soggetti preposti alla gestione del servizio idrico. Per quanto concerne il servizio acquedottistico della provincia di Palermo, i punti di crisi sono essenzialmente tre: da una parte la presenza del capoluogo con una popolazione che sfiora i 700.000 abitanti residenti, dall'altra la gestione affidata all'Ente Acquedotti Siciliani, che pur non svolgendo, come nelle limitrofe province di Enna, Caltanissetta e Trapani, un ruolo predominante relativo al servizio di approvvigionamento e di distribuzione, assolve tali compiti in molti comuni ed infine la presenza di un congruo numero di gestioni in economia, in circa i due terzi dei comuni del Palermitano. In considerazione di un numero consistente di acquedotti locali, il territorio provinciale accoglie diversi schemi acquedottistici a dimensione intercomunale, quali quelli costieri a servizio della città di Palermo o alcuni schemi che hanno origine nella provincia di Palermo, dove si trovano le risorse idriche, per poi svilupparsi principalmente nei territori delle province limitrofe. Per il servizio di adduzione e di distribuzione esistono diverse forme gestionali così strutturare:

- 53 gestioni in economia (comunali, caratterizzate dalla gestione di impianti di adduzione locali e/o delle reti di distribuzione all'utenza, comprensive delle condotte idriche e delle opere complementari, pozzi, serbatoi e impianti di sollevamento);
- una gestione consortile (Consorzio acquedotto del Biviere alimentato da alcune sorgenti site nel territorio di Altofonte e a servizio di alcune frazioni dei comuni di Monreale, Altofone e Palermo;
- due gestioni di tipo privato, l'AMAP, società per azioni dal 2001, e la SORI (Società Risorse Idriche). L'AMAP gestisce il servizio idrico integrato della città di Palermo e la consegna ai comuni di Altavilla Milicia, Bagheria, Capaci, Carini, Campofelice di Roccella, Casteldaccia, Cefalù, Cinisi, Ficarazzi, Marineo, Misilmeri, Santa Flavia, Sciara, Scillato, Terrasini e Villabate. Per questi comuni la Società provvede all'integrazione di portate provenienti da fonti locali oppure, come nel caso del comune di Bagheria, alla fornitura dell'intera portata necessaria. La SORI oltre a gestire una parte della rete del comune di Carini è dal 2001 diventato gestore operativo del servizio idrico degli agglomerati industriali di Carini e di Termini Imerese;
- una gestione di un Ente pubblico Regionale, l'Ente Acquedotti Siciliani (EAS) che attualmente effettua in 25 comuni sia il servizio di adduzione che

di distribuzione e in quattro comuni solo il servizio di distribuzione;

- una gestione di competenza della Società Enel Green Pawer, controllata dall'ENEL e da due Enti pubblici regionali, l'Ente di Sviluppo Agricolo (ESA) e il Consorzio di Bonifica 2-Palermo che gestiscono solamente alcuni invasi ad uso promiscuo (civile/irriguo-idroelettrico) della provincia, senza provvedere al servizio di adduzione o di distribuzione; in particolare, l'ENEL Green Pawer gestisce i serbatoi di Piana degli Albanesi sul fiume Belice Destro, di Prizzi e di Gammauta nel bacino del fiume Verdura; l'ESA gestisce il serbatoio Poma sul fiume Iato, il Consorzio di Bonifica 2-Palermo gestisce il serbatoio Garcia sul fiume Belice Sinistro. Le acque di questi serbatoi, fatta eccezione per i serbatoi di Poma e Piana degli Albanesi, sono utilizzate all'esterno del territorio provinciale.

In una siffatta organizzazione, a struttura compartimentale, con a capo preposti Enti diversi, risulta oltremodo complesso, per i cittadini palermitani, individuare i Soggetti responsabili cui addebitare i disagi del disservizio in caso di mancata erogazione; i diversi gestori si rimpallano le colpe ed a pagarne le conseguenze sono i cittadini.

4. Valutazione a medio e lungo termine dell'approvvigionamento idropotabile della provincia di Palermo.

Il Piano d'Ambito di Palermo, approvato dalla Regione Siciliana nel dicembre del 2002, redatto dalla SOGESID S.p.A. con proiezioni al 2032, ha come obiettivo, la copertura dei fabbisogni idrici del bacino d'utenza esaminato, in base alla disponibilità delle risorse individuate nel territorio provinciale e ai consumi previsti nel prossimo trentennio, prendendo in considerazione l'evoluzione delle perdite di rete (Regione Siciliana, 2003). Il compito di sanare il comparto idrico della provincia, graverà sulla nuova Società di gestione sovrambito *Siciliacque S.p.A.* di recente istituita (21 aprile 2004), alla quale è delegato il servizio integrato del ciclo delle acque ed è previsto il trasferimento degli impianti relativi ai sistemi acquedottistici Madonie Est, Montescuro Ovest, Montescuro Est e Fanaco-Madonie Ovest. I criteri di massima cui è ispirato il Piano d'Ambito sono i seguenti: definire a *breve termine* (con riferimento ai primi cinque anni di attuazione del Piano), gli interventi ritenuti di priorità strategica quali ad esempio la continuità del servizio di erogazione idrica (24 ore su 24) in quantità e pressione sufficiente, intervenire sulla riduzione delle perdite, assicurare la copertura dei servizi idrici a centri e nuclei, tutelare le fonti di approvvigionamento, sostituire materiali pericolosi utilizzati, in base a quanto previsto dal D.Lgs. 152/99 e dall'applicazione della carta dei servizi; conseguire a *medio e lungo termine* (corrispondente al rimanente periodo di attuazione del Piano, convenzionalmente esteso dal sesto al trentesimo anno), gli obbiettivi prefissati che devono garantire i livelli efficienti di qualità del servizio (raggiungimento di valori minimi di perdita delle condutture, as-

sicurare l'erogazione della risorsa secondo gli standard ottimali dei fabbisogni) e di mantenerli inalterati e/o di migliorarli nel tempo.

La popolazione che risiederà nell'ATO di Palermo con proiezione al 2032 è stimata nel Piano, in 1.312.969 unità. Questo dato è stato ottenuto analizzando l'andamento demografico degli ultimi due censimenti ISTAT (1991 e 2001) dai quali è emerso un calo della popolazione di circa 26.000 unità, pari al 2% del totale. Tale decremento stimato (poco meno di 15.000 residenti) interesserà la città di Palermo in cui, in atto, si concentra il 54% della popolazione dell'intero ATO. Il fabbisogno per la popolazione fluttuante (stabile non residente nel comune capoluogo e presenze in strutture alberghiere ed extra alberghiere) è quantificato, nel trentennio, in 7,9 Mm^3/anno di acqua, mentre il fabbisogno al 2032 per i residenti nella provincia, è valutato nel Piano pari a 151,1 Mm^3/anno. Nel complesso, la domanda prevista di acqua, per usi civili, risulta superiore alla disponibilità attuale pari a 148,4 Mm^3/anno, considerato che si potrà disporre di 159,0 Mm^3/anno. A questo dato devono poi aggiungersi altri 3,0 Mm^3/anno, stimati per gli usi industriali nelle aree di Carini e Termini Imerese. Per valutare l'entità dell'approvvigionamento idropotabile nella provincia a livello comunale, nel medio e lungo termine, l'ATO di Palermo è stato suddiviso in quattro aree omogenee: Area Costiera, Area delle Madonie, Area del Montescuro e Area Centro-Occidentale. Per ognuna di queste aree è stata considerata la possibilità di trasferire le risorse idriche presenti in una di esse, verso altre carenti d'acqua, usufruendo delle infrastrutture acquedottistiche presenti e di quelle che a breve e a medio termine entreranno in esercizio.

Area Costiera. Rientrano in quest'area 32 degli 82 comuni dell'ATO di Palermo per i quali viene stimata con proiezione al 2032, una popolazione residente pari a 1.085.205 abitanti, corrispondente a circa l'83% dell'intera popolazione provinciale. Il fabbisogno idrico, stimato nel Piano, è di 135,3 Mm^3/anno (circa l'85% dell'intero fabbisogno dell'ATO). Nell'area costiera ricadono gli acquedotti Iato e Scanzano-Risalaimi e il complesso acquedottistico Scillato-Presidiana. I volumi convogliabili in tali infrastrutture ammontano a complessivi 85 Mm^3/anno che, con l'entrata in esercizio dell'acquedotto Rosamarina, raggiungeranno i 113 Mm^3/anno (circa il 70% del fabbisogno dell'intera area). Inoltre, buona parte di questi comuni dispone di proprie risorse per un totale di circa 48 Mm^3/anno, mentre l'AMAP, che gestisce il servizio di distribuzione per la città di Palermo, per la quale si prevede un fabbisogno al 2032 di 86,9 Mm^3/anno (68% dell'intero fabbisogno dell'area), dispone di risorse idriche nel territorio comunale per complessivi 28,6 Mm^3. In definitiva, a fronte di un fabbisogno d'area complessivo di circa 135,3 Mm^3/anno, le riserve presenti, gestibili lungo l'intera fascia con notevole flessibilità, ammontano a circa 161,3 Mm^3/anno con una riserva di circa 22,9 Mm^3/anno accumulabile, per la presenza di invasi.

Area delle Madonie. Ricadono in quest'area 18 comuni ubicati nella zona orientale dell'ATO con una previsione di

stima al 2032 di 61.549 abitanti, pari a circa il 4,5% dell'intera popolazione provinciale. L'area delle Madonie è discretamente dotata di risorse idriche, soprattutto a carattere sorgentizio, per un ammontare complessivo di circa 15,2 Mm^3/anno, a fronte di un fabbisogno complessivo previsto di 6,3 Mm^3/anno. Tuttavia queste risorse, proprio per la loro natura sorgentizia, possono talvolta ridursi, specie nella stagione estiva, fino a determinare carenze di approvvigionamento. Nell'area è ubicato l'acquedotto Madonie Est che convoglia 5,5 Mm^3/anno di acqua nella provincia di Caltanissetta ed altri acquedotti minori, che connettono tra loro vari comuni. La mancanza di infrastrutture acquedottistiche di collegamento dell'area madonita con le restanti zone provinciali e l'istituzione di aree protette all'interno del territorio, che non consentono di convogliare, attraverso nuovi acquedotti, le fonti esistenti, rende difficilmente fattibile il trasferimento dei surplus di risorsa al resto del territorio provinciale. Difatti l'area possiede una quantità d'acqua tale che rapportata al fabbisogno dei comuni in essa ricadenti e di quelli destinati alla provincia di Caltanissetta, genera un surplus di circa 3,4 Mm^3/anno.

Area del Montescuro. Dodici comuni ubicati nella zona centro meridionale dell'ATO rientrano in questa compartimentazione territoriale che accoglie 48.457 abitanti circa il 3,7% dell'intera popolazione provinciale. L'area è carente di risorse proprie e le fonti idriche disponibili raggiungono appena 1 Mm^3/anno a fronte di un fabbisogno complessivo, previsto nel Piano di 4,8 Mm^3/anno. Tutti i comuni che ricadono in quest'area, ad eccezione di Castronuovo di Sicilia, sono serviti dagli acquedotti Montescuro Est ed Ovest per un apporto complessivo di circa 3,8 Mm^3/anno a copertura del fabbisogno stimato.

Area Centro-Occidentale. L'area ingloba 20 comuni ubicati nella zona occidentale dell'ATO, per i quali nel Piano è stimata una popolazione residente che nel 2032 dovrebbe attestarsi sui 117.758 abitanti, pari a circa l'8,8% dell'intera popolazione provinciale. Il fabbisogno idrico, per l'intera area, è stimato in 12,46 Mm^3/anno pari a circa il 7,8% dell'intero fabbisogno provinciale. L'area è penalizzata dalla mancanza di importanti infrastrutture di trasporto e collegamento tra i singoli comuni. L'approvvigionamento idropotabile dei comuni dell'area considerata è spesso dipendente dalle risorse presenti all'interno dei rispettivi territori o nei territori comunali limitrofi. Per superare lo stato di criticità idrica è necessario il reperimento di risorse puntuali locali o la cattura, attraverso collegamenti, alle strutture acquedottistiche esistenti anche a livello interambito e sovrambito. In definitiva, in un rapporto fabbisogni/risorse, si può asserire, con le dovute riserve, che l'Area Costiera, in una valutazione di lungo termine, evidenzia un surplus di risorse idriche di circa 22,9 Mm^3/anno; l'Area delle Madonie un surplus medioannuo di circa 3,4 Mm^3/anno; l'area Montescuro Ovest non registra alcun deficit, mentre un deficit di circa 3,0 Mm^3/anno si evidenzia nell'Area Centro-Occidentale. Da quanto rilevato nel

Piano d'Ambito, si evince che il problema della carenza d'acqua che grava soprattutto sul capoluogo e sui comuni della fascia costiera, in maniera più incisiva nei mesi estivi, non è causato dalla mancanza d'acqua bensì dalla cattiva gestione di questa risorsa che ha convertito l'abbondanza in scarsità. La criticità della qualità del servizio riguarda lo stato delle infrastrutture che denotano da un lato, inadeguata capacità di compenso dei serbatoi di carico delle reti locali e dall'altro, l'elevato livello di perdite totali delle condutture dalla fase di captazione-adduzione a quella di distribuzione. Negli interventi urgenti, previsti a breve termine, la priorità è data alla riduzione delle perdite dal 40% al 20%, che avranno una ripercussione positiva anche sull'incremento della dotazione idrica per gli utenti che, a fronte di una buona copertura del servizio, l'erogazione per gli usi civili, risulta inferiore agli standard minimi, in diverse situazioni. Nel Piano d'Ambito, la sistemazione delle reti di distribuzione costituisce il capitolo di maggiore spesa. Gli investimenti da operare sulle reti corrispondono a circa il 46% dell'investimento complessivo del servizio acquedottistico, contraddistinto, per la quasi totalità, da interventi di ricostruzione delle reti. Il capitolo di spesa, legato alla sistemazione e manutenzione di tali infrastrutture, è quello che incide in maniera preponderante rispetto alle altre opere acquedottistiche, ma è anche il settore che è più urgente ripristinare se si vuole e vitare di buttar via risorse come se si trattasse di rifiuti. Per la manutenzione è stata prevista una spesa di € 65.274.787,70 mentre per il settore acquedotto, l'investimento complessivo che comprende le infrastrutture (nuove e da sostituire) e le manutenzioni è pari a € 557.923.219,00. Non c'è dubbio che, i punti di debolezza del sistema di approvvigionamento idropotabile nella provincia, risiedono nelle elevate perdite delle reti di distribuzione che causano una dotazione pro capite attuale medio-bassa ed, in alcuni casi, al di sotto del livello minimo previsto dalla normativa. Inoltre, una gestione unitaria e programmata delle risorse idriche da prelevare dai serbatoi Rosamarina, Piana degli Albanesi e Poma per usi irrigui presenti e futuri, deve essere compatibile con i prelievi per uso civile dato che, il rifornimento idrico della fascia costiera è fortemente dipendente dalle risorse idriche superficiali, soggette a notevole variabilità e quindi a incertezza sulla effettiva disponibilità delle acque. L'altro problema di criticità del servizio acquedottistico è legato alle problematiche ambientali. Con riferimento alla qualità delle acque, il problema di fondo risiede nella mancanza di aree di tutela per il 35% di pozzi e sorgenti attualmente utilizzati per l'approvvigionamento civile degli utenti dell'ATO. Inoltre , tranne poche eccezioni, non si hanno a disposizione dati riguardanti la qualità delle acque per ciascuna fonte. E' quindi necessario intervenire sia per la realizzazione di nuove aree di salvaguardia, sia per l'organizzazione di un servizio di monitoraggio periodico e sistematico delle acque, mediante procedure di collaborazione e di coordinamento con l'ARPA (Azienda Regionale di Protezione Am-

bientale) Sicilia. Anche per quanto riguarda la qualità degli scarichi nei corpi idrici recettori, la criticità più evidente concerne, nella maggioranza dei casi, il mancato monitoraggio delle caratteristiche quali-quantitative di detti scarichi. Considerando, in termini generali, il carico inquinante riversato nei corpi recettori, la criticità più significativa deriva dalla parziale copertura del servizio di fognatura (83%) e di depurazione (51% degli abitanti equivalenti collettati), nonché dall'incompleto adeguamento dei depuratori in funzione, rispetto alla legislazione vigente. Anche per quanto concerne la rete fognaria, si rileva in atto, la carenza nella copertura del servizio che risulta inferiore a quello di altri ATO della Regione. Per quanto attiene il servizio di depurazione, al momento risulta garantito il trattamento dei reflui solo per il 51% degli abitanti serviti. In merito alla funzionalità delle opere, emerge che soltanto 57 impianti (78% del totale) hanno una funzionalità dichiarata sufficiente mentre, nel complesso, emerge la necessità di adeguarli tutti ai limiti imposti agli scarichi dal D.Lgs. 152/99 e successive modifiche. E' palese, inoltre, che le maggiori criticità, nel servizio depurativo, non dipendono soltanto da inadeguatezze infrastrutturali degli impianti esistenti, ma anche da carenze insite nel settore di collettamento fognario.

5. Conclusioni

Da quanto emerso, un ruolo decisivo nella regolamentazione delle acque, lo svolgono gli Enti gestori. Nella provincia di Palermo, come nelle restanti della Sicilia, la segmentazione del sistema, con l'implicazione di diversi Soggetti, preposti al servizio idrico, è stata riconosciuta come la causa primaria del disservizio in tale settore. Non è un caso che, per descrivere la penuria d'acqua in Sicilia, Il Sole 24 Ore, nel giugno del 2003 (Cusimano, 2003), parli di «una sete che viene da lontano», spiegando come gli investimenti di 51,6 miliardi di lire negli anni Quaranta, da parte della Cassa per il Mezzogiorno, abbiano prodotto, anche in Sicilia, la realizzazione del più vasto sistema di bacini artificiali esistenti in Italia, aumentando la capacità di raccolta a circa un miliardo di litri per raggiungere il 98,90% di captazione, accumulo, potabilizzazione e adduzione dell'acqua ad uso potabile. Nonostante le infrastrutture realizzate, i siciliani soffrono la sete e la mancanza d'acqua è attribuita a sprechi, disservizi e inefficienza della gestione da parte degli Enti preposti. Le dighe e gli invasi sono stati realizzati ma mancano le reti di canalizzazione ed interconnessione e le condotte sono ormai ridotte a colabrodo. La situazione, piuttosto critica durante tutto l'anno, si aggrava ulteriormente nei mesi estivi. In particolare, nella città di Palermo, dal 20 marzo 2002 i turni di erogazione sono stati allungati fino ad essere portati a tre giorni ed, in alcuni quartieri della periferia e del centro storico, a causa dei continui guasti delle condutture, l'acqua è mancata anche per sette giorni consecutivi. Ormai per gli abitanti più poveri del centro storico è normale dover far file interminabili

per rifornirsi, alle fontanelle pubbliche. Il capoluogo detiene un triste record ed in città i disagi per i cittadini palermitani, rasentano la crisi sanitaria. In alcuni quartieri come Partanna–Mondello e Stadio, nella stagione estiva, nei rubinetti delle abitazioni è arrivata solo fanghiglia nella quale è stata riscontrata un'alta concentrazione di colibatteri fecali. I tecnici dell'AMAP hanno effettuato dei prelievi ed accertato che la rete idrica della zona Stadio risulta pericolosamente inquinata dalla rete fognaria. Anche inquinati sono risultati alcuni pozzi che riforniscono d'acqua il quartiere periferico di Borgo Nuovo, a causa della vicinanza della discarica cittadina di Bellolampo. A metà maggio del 2003 la popolazione palermitana dei quartieri periferici e del centro storico, ha organizzato blocchi stradali e sit-in, per diversi giorni, mettendo in seria difficoltà le forze dell'ordine pubblico. All'inizio di giugno dello stesso anno è scoppiata una nuova ondata di proteste. Sono scesi in campo gli abitanti del quartiere Zisa e persino quelli dei quartieri residenziali, paralizzando la città per due giorni di seguito. Rivolte e manifestazioni che, spesso, hanno trasformato pacifici sit-in e blocchi stradali in scontri violenti con le forze dell'ordine, a causa di un diritto negato ai palermitani, l'approvvigionamento idropotabile (Caltabiano, 2003). Per sanare tale settore è necessario ricorrere alla gestione integrata delle acque con una organizzazione industriale del servizio idrico, rivolta all' uso sostenibile della risorsa. E' a tal fine che nell'aprile del 2004 si è insediato il nuovo Ente gestore sovrambito *Siciliacque S.p.A.* chiamato a governare, per i prossimi 40 anni, l'enorme sistema acquedottistico e gli invasi della Regione Siciliana. Si tratta di una Società mista composta dal raggruppamento Enel - Vivendi che dispone del 75% del capitale, mentre il restante 25% è suddiviso tra EAS (20%) e Regione Siciliana (5%). Le infrastrutture che la nuova Società gestirà in Sicilia sono: l'Invaso Gibbesi, gli acquedotti Alcantara, Ancipa, Blufi, Casale, Dissalata Gela–Aragona, Fanaco-Madonie Ovest, Favara di Bugio, Garcia, Madonie Est, Montescuro Est ed Ovest, Vittoria-Gela (Eurispess, 2004, p. 591). E in aggiunta, tre invasi artificiali, 5 impianti di potabilizzazione, 56 di sollevamento, 34 serbatoi idrici e 1.680 chilometri di condotte di trasporto (Gazzetta del Sud, 21 aprile 2004). Il nuovo gestore, facendosi carico di tutte le varie fasi che contraddistinguono il settore idrico, da quella di captazione-adduzione a quella di distribuzione, dovrebbe garantire un servizio efficiente e soprattutto, assicurare l'erogazione continua dell'acqua potabile alle utenze. Senza dubbio, per mettere a regime il sistema, i tempi di realizzo sono piuttosto lunghi (40 anni) e, nell'immediato, si appronteranno gli interventi più urgenti come la riduzione delle perdite d'acqua durante il trasporto. Inoltre è stata istituita, presso la struttura commissariale, un'unità di «pronto intervento» che opera in collaborazione con i reparti provinciali dell'EAS, dell'AMAP e dei Consorzi acquedotti, per la riparazione immediata dei guasti, facendo ricorso alle procedure di somma urgenza. Sono state anche ricostituite le

«Unità di crisi» (ordinanza n. 77 del 18/07/2002), presso le Prefetture delle province siciliane, costituite dai rappresentanti della Prefettura competente, dell'Ufficio del Genio Civile, dei Soggetti gestori del servizio idrico e dai responsabili della gestione idrica del territorio interessato. L'obiettivo è quello di affrontare le problematiche locali e mettere in atto tutti gli interventi urgenti che si riterranno necessari per il corretto funzionamento delle reti di distribuzione, interne ai centri urbani (Eurispess, 2004, pp. 589-590). In definitiva, per sanare il settore idrico della Sicilia, occorrono scelte mirate, accompagnate da un piano d'azione concreto e dall'incremento di finanziamenti, per avviare e far decollare il nuovo sistema integrato della gestione delle acque. Per concludere, dal momento che è stato appurato che in Sicilia l'acqua è presente in quantità sufficiente, è opportuno soffermarsi su quanto emerso dalla lettura del libro di Vandana Shiva *Le guerre dell'acqua* (2003), nel quale l'economista e fisica indiana racconta come nel Rajasthan, una terra arida posta ai confini dell'India occidentale al limite con il Pakistan, grazie all'ingegno creativo e all'operosità delle comunità locali, esperte nel raccogliere e conservare l'acqua piovana, si è riusciti a trasformare il Rajasthan nel deserto più fiorito del mondo, creando abbondanza dalla scarsità. Un monito per la nostra cultura che riesce a creare distruzione e scarsità anche dall'abbondanza delle risorse.

BIBLIOGRAFIA

CALTABIANO A., *Emergenza idrica in Sicilia, degrado della qualità della vita e interventi prioritari di riqualificazione territoriale,* «Convegno Internazionale Geografia dell' acqua». *La gestione di una risorsa fondamentale per la costruzione del territorio,* (Rieti, 5-7 dicembre 2003), in bozza di stampa.

CALTABIANO A., TRISCHITTA D., *Attualità e valore geografico ambientale delle carte militari della Sicilia dal XVII al XIX secolo*, in «Bollettino dell'A.I.C.», n. 116/2002, Piazzola sul Brenta, Papergraf, 2003, pp. 105-118.

CUSIMANO L., *In Sicilia «"un'agenzia» per i nuovi progetti,* in Il Sole -24 Ore, 1 giugno 2003.

EURISPES, *1° Rapporto Sicilia,* Roma, Tipografia Artigiana, 2004, pp. 579-605.

GAZZETTA DEL SUD, *Addio Eas, ecco Siciliacque S.p.A.,* Messina, 21 aprile 2004.

ISTAT, *Popolazioni e abitazioni, 13° Censimento Generale della popolazione e delle abitazioni, 1991*, fascicolo provinciale Palermo, Roma, 1994.

ISTAT, *Primi risultati 14° Censimento generale della popolazione e delle abitazioni 21 ottobre 2001*, Roma, 2002.

LEGAMBIENTE, *Ambiente Italia 2004,* Milano, Edizioni Ambiente, 2004

LEGAMBIENTE, *H2zero. L'acqua negata in Italia e nel mondo,* Dossier Acqua, Roma, 2003.

LEGAMBIENTE, *L'acqua bene comune dell'umanità: principi e obiettivi per un uso equo e sostenibile delle risorse idriche in Italia e su scala globale*, 1° Forum alternativo sull'acqua, Firenze, 21-22 marzo 2003.

MANZI E., *La frontiera del Mezzogiorno*, in Conoscere l'Italia, Sicilia 1, Novara, Istituto Geografico De Agostini, 1983, pp. 9-11.

MANZI E., *Le Madonie, La montagna sul mare,* in Conoscere l'Italia, Sicilia 1, Novara, Istituto Geografico De Agostini, 1983, pp. 232-234.

OSSERVATORIO SULL'ECONOMIA SICILIANA, *La*

situazione idrica in Sicilia. Infrastrutture, politiche, gestione, Banco di Sicilia, Palermo, Unità Studi, 1999.

PECORA A., *Sicilia*, in Le Regioni d'Italia, vol. 17, Torino, Unione Tipografico Editrice Torinese, 1968, pp. 65-71.

REGIONE SICILIANA, *Sintesi del Piano d'Ambito di Palermo* (redatto dalla SOGESID S.p.A.), Palermo, 2003.

RUSSO A. (a cura di), *Da "Agenda 2000" al Por Sicilia: Contenuti e normativa,* UST Ricerche, Messina, 2001.

SHIVA V., *Le guerre dell'acqua*, Milano, Feltrinelli, 2003.

VINCI L., *Piani e schemi per il rischio fiume,* in «Rivista Internazionale di Telerilevamento», Sistema Terra, Anno IV, n. 3, Bari, Editore Laterza, 1995, p. 47.

Bollettino dell'A.I.C., n. 121-122 / 2004

LE ACQUE TERMALI DELLA VALDICHIANA IN UNA CARTOGRAFIA TURISTICA EDITA DALL'A.P.T.

THE THERMAL WATERS IN THE CHIANA VALLEY IN A TOURIST MAP PUBLISHED BY THE LOCAL TOURISM AUTHORITY

Giuliano Valdes (*)

(*) Editing Studio, Pisa.

Riassunto

Utilizzando una carta stradale 1:100.000 (bianca) ed una pianta di Città 1:5.000 (volta), edita dall'A.P.T. di Chianciano Terme-Valdichiana, l'autore illustra l'articolazione del bacino termale della Valdichiana, incentrando l'attenzione sulle acque termali e loro distribuzione, localizzazione puntuale (simbologia) sulla carta, riflessi economici e fattori di attrazione turistica, evidenziazione del rapporto tra acque termali, territorio e storia.

Abstract

Using a road map 1:100.000 and a City plan 1:5.000 (printed on the reverse side), published by the Local Tourism Authority, the author explains the distribution of the thermal basin of the Chiana Valley, pointing out the thermal waters and their distribution, springs location on the map, economic consequences and tourist attraction, drawing attention to the connection between thermal waters, region and history.

La Valdichiana è una regione naturale della Toscana, amministrativamente collocata nelle Province di Siena ed Arezzo: la porzione che prenderemo in esame comprende la maggior parte dei territori comunali di Sinalunga, Trequanda, Torrita di Siena, Montepulciano, Pienza (quantunque collocata, almeno territorialmente, in Val d'Orcia), Chianciano Terme, Chiusi, Sarteano, Cetona, San Casciano dei Bagni. Ben poche entità territoriali nel nostro Paese, ove si eccettuino il comprensorio termale euganeo e quello ischitano, possono vantare una così diffusa distribuzione del termalismo in un'area geograficamente de-

finita e territorialmente circoscritta. Sotto l'aspetto dell'organizzazione turistica, la Valdichiana senese costituisce un'entità a sé stante, nel contesto della Promozione Turistica di quella Provincia (Terre di Siena). Essa finisce con l'essere definita dagli ambiti comunali precedentemente citati, pur mantenendo una simbiosi geografica ed ambientale con la contermine Val d'Orcia. Con quest'ultima la Valdichiana condivide fenomeni di marcata connotazione termale, quantunque di genesi ben distinta. L'Agenzia di Promozione Turistica «Chianciano Terme-Valdichiana» ha pubblicato in tempi relativamente recenti una cartografia turistica del proprio ambito territoriale. La carta, stampata in quadricromia in bianca e volta, rappresenta con taglio verticale il territorio a scala «stradale» (1:100.000), in bianca, e la rappresentazione della planimetria della stazione termale di Chianciano Terme (1:5.000) in volta. Sebbene nelle intenzioni della committenza prevalessero gli aspetti turistici, promozionali e divulgativi, ovvero quelli «istituzionali» in senso più lato, possiamo osservare come questa carta polivalente costituisca uno strumento di lettura, agile e snello del fenomeno termale in Valdichiana e non solo. La notevole dovizia di sorgenti termali nell'area presa in esame è la risultante di manifestazioni vulcaniche secondarie: appare evidente come l'intero territorio sia contraddistinto da una linea termale che ne impronta la dinamica idrogeologica. Essa si delinea, grosso modo, da sud a nord-ovest, iniziando a San Casciano dei Bagni e terminando a Rapolano Terme. Lungo questa linea del bacino termominerale, che si presenta unitario nella dinamica della sua circolazione, si dispongono, oltre alla già citata San Casciano dei Bagni, Sarteano, Chianciano Terme e Sant'Albino (Terme di Montepulciano), tutte località di primaria valenza per il turismo termale. Le principali zone di alimentazione di questo complesso sistema sotterraneo sembrano collocarsi là dove si concentrano gli affioramenti di rocce calcaree. L'acqua, seguendo la direttrice San Casciano dei Bagni-Rapolano Terme, attraversa le strutture di calcare, che si presentano molto fessurate e fratturate, acquisendo quelle caratteristiche organiche e chimiche che vengono successivamente riscontrate alla sorgente. Qualora volessimo allargare lo sguardo alla contigua Val d'Orcia, non potremo fare a meno di rilevare come anch'essa sia interessata dai fenomeni termali e precisamente a Bagni San Filippo, ubicata alle pendici orientali del Monte Amiata, e a Bagno Vignoni, definita la «Piazza d'Acqua» della Val d'Orcia. L'affioramento di sorgenti termali in queste due località sembra riconducibile all'apparato eruttivo amiatino, attivo ai primordi della storia geologica. Tornando alla carta stradale, appare evidente la straordinaria concentrazione dei simboli che indicano la presenza di luoghi termali nella ristretta zona compresa tra Chianciano Terme e Montepulciano. Allo stesso modo, sulla volta della carta, osserviamo come il centro abitato di Chianciano Terme si presenti come una vera e propria «cittadella» del Termalismo, inteso come un aspetto dell'economia turistica, caratterizzata dai parchi (Parco Fucoli, Parco Acquasanta, Parco

Sorgente Sant'Elena) e dagli stabilimenti termali (Stabilimento Acqua Santa, Stabilimento Sillene). La stessa impronta della cittadina termale, che nel suo più recente sviluppo urbanistico e funzionale si caratterizza per l'ampia dovizia di spazi ed aree verdi, sia pubbliche che private, è contraddistinta dalla massiccia presenza delle strutture ricettive di ogni categoria e tipologia. Queste denotano in misura palese come il fenomeno delle acque termali costituisca, ormai da decenni, un volano per l'economia del luogo ed una prospettiva di ulteriore crescita, abbinata al turismo residenziale, ma soprattutto a quello culturale. Senza scendere nel dettaglio dell'offerta culturale proposta dai numerosi borghi storici, medievali ed artistici che contraddistinguono il territorio, veri e propri poli d'attrazione per il turista medio, ma anche per quello acculturato, segnatamente di provenienza estera, è facile osservare sulla pianta al 5.000 un dettaglio che rivela come il «culto» delle terme risalga all'età etrusco-romana: in località Mezzomiglio sono visibili i resti di impianti termali del periodo romano (probabilmente le *Fontes Clusini* già citate da Orazio). La vasca termale qui rinvenuta è, in quanto a dimensioni, una delle maggiori d'Italia; tutto il complesso, comprendente anche le torrette di alimentazione dell'acqua, si sviluppa su una superficie di oltre 1 ha. Tornando alla pianta, osserviamo come il simbolo che indica la presenza di un'area archeologica compaia anche alla Necropoli della Pedata, appena fuori dall'abitato, in direzione di Chiusi, e a Poggio Bacherina (dove è stata ritrovata una fattoria tardo-etrusca del II sec. a. C.). Ma l'elemento che caratterizza maggiormente l'offerta culturale di quello che potremmo definire come capoluogo della Valdichiana è il Museo Civico Archeologico delle Acque. Di recente istituzione, nell'ex Granaio della Villa Simoneschi, coniuga in modo mirabile la cultura al termalismo ed al turismo, esponendo reperti etrusco-romani contestualizzati, di considerevole spessore. Ma l'economia «turistico-termale» affonda le sue radici nella notte dei tempi: basti pensare all'apprezzamento ed alla venerazione che gli Etruschi ebbero per le acque termali, documentato dal rinvenimento (metà del XIX sec.) del Tempio di Diana Sillene e Apollo Salutare, e dalla recente scoperta di un Tempio ellenistico presso la sorgente dei Fucoli. L'ampia diffusione delle sedi etrusche nel territorio è suffragata dalla notevole frequenza del simbolo che sulla carta stradale indica l'esistenza di zone d'interesse archeologico, nel territorio di Chianciano ma soprattutto nel Chiusino. La presenza romana nel territorio, oltre che dalle già citate Terme di Mezzomiglio, è documentata anche dalla Cisterna delle Camerelle, ubicata in Loc. Le Valli, a 2 km a est-nord-est dall'abitato dell'antico nucleo di Chianciano, sul luogo di una Necropoli etrusca (vi è stato ritrovato un rubinetto romano in bronzo). Altri reperti coevi sono stati riportati alla luce a I Piani, Palazzo Bandino e Montauto. Se il binomio acque-sviluppo economico è stato vincente sin dall'antichità, oggi il vasto polo termale della Valdichiana rappresenta il maggior bacino d'utenza dei termalisti italiani. Nella Provincia di Sie-

na i centri termali richiamano quasi ¼ del movimento turistico totale. Il comparto termale di Chianciano offre un'offerta variegata di cure e bagni del benessere, distinta per proprietà terapeutiche delle acque e per patologie curabili. I dati aggiornati al 2003 indicano come, sotto il profilo turistico, l'area di Chianciano abbia registrato 276.000 arrivi, tra italiani e stranieri, e 1.188.200 presenze. Nell'intera Provincia, compresa Chianciano, si sono registrati 1.240.000 arrivi e circa 4.287.000 presenze. Su 2.141 strutture alberghiere ed extralberghiere dell'intero territorio provinciale, ben 250 sono concentrate a Chianciano Terme; mentre su un totale di 53.500 posti letto, oltre 20.000 sono solo per il comparto termale, e di questi 15.000 si trovano sempre nella cittadina termale della Valdichiana. Questi dati ci permettono, in conclusione, di considerare il turismo dedicato alla cura delle acque come un comparto con ampi margini di crescita: nella fattispecie del termalismo senese, un suo rilancio, con il ruolo guida di Chianciano Terme, porterà innegabili vantaggi anche ad altre realtà più piccole e meno note, quali, ad esempio, le Terme di Petriolo.

NOTE ILLUSTRATIVE DELLA «CARTA DELLA VEGETAZIONE» RISERVA NATURALE «TORBIERE DEL SEBINO»

Carlo Andreis (*), **Gianluca Mazzucco** (*), **Enrico Sala** (*), **Marco Torretta** (*), **Anna Zaffaroni** (*)

(*) Università degli Studi di Milano, BIODIP, Geobotanica, Laboratorio Cartografia, www.cartografia.unimi.it.

Riserva naturale «TORBIERE DEL SEBINO»

La riserva delle Torbiere del Sebino, una delle zone umide più significative della Provincia di Brescia, occupa un'area paludosa intensamente sfruttata in epoca moderna per ricavare torba.

Questa attività ha creato un eterogeneo mosaico di depressioni, più o meno ampie e di varia profondità, in cui si è insediata una vegetazione palustre.

Vista la particolare importanza dell'area per l'avifauna e comprendendo specie vegetali ormai relitte in Pianura Padana, le torbiere sebine hanno richiesto un preciso programma di protezione.

Già dichiarata «Biotopo di eccezionale importanza» dal CNR nel 1970, è stata istituita ufficialmente come «Riserva Naturale Orientata» con delibera del Consiglio regionale della Lombardia n. 1846 del 19/12/1984 ai sensi della L.R. 30/11/1983 n. 86.

Dichiarata zona umida di importanza internazionale nel 1984, ai sensi della Convenzione relativa alle zone umide firmata a Ramsar nel 1971, è stata anche riconosciuta dall'Unione Europea «Zona di Protezione Speciale» (ZPS), ai sensi della direttiva «Uccelli», parte della rete «Natura 2000»e «Sito di Importanza Comunitaria» (SIC).

La Riserva con un'estensione di circa 360 ha nei comuni di Iseo, Provaglio d'Iseo e Cortefranca, è situata immediatamente a ridosso della sponda meridionale del lago d'Iseo (compreso tra i 45°39' N ed i 45°49' N di latitudine; tra 2°21' e 2°30' di longitudine a Ovest di Monte Mario).

Morfologicamente la torbiera si può facilmente dividere in due complessi distinti: il maggiore, separato dal lago, è chiamato «*Lama*»; quello di minore estensione, a diretto contatto con il lago, è detto «*Lametta*

Due sono i rilievi montuosi adiacenti all'area: ad Ovest il Monte Alto (1723 m) ed a Est il Monte Cognolo (672 m), entrambi fanno parte della successione giurassico-cretacea rappresentata da formazioni calcaree marnose:

- **Calcare di Domaro** contraddistinto da

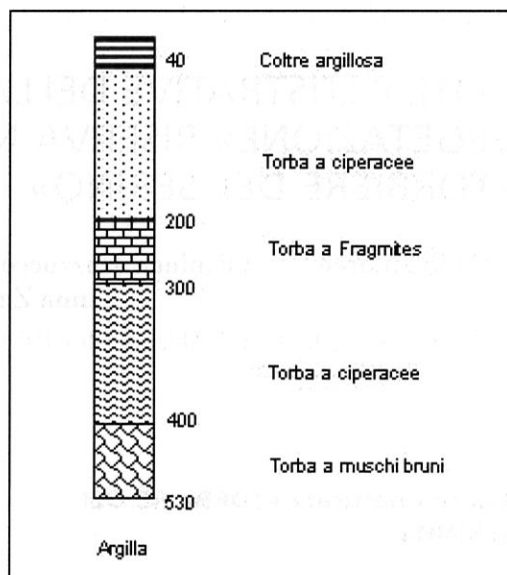
calcari di colore chiaro con frequenti fossili di Ammoniti e noduli di selce. Originatosi nel Lias è presente soprattutto nella zona di Provaglio d'Iseo.

- **Formazione di Concesio** formata da calcari marnosi con noduli di selce è sempre ben rappresentata solo nell'area di Provaglio. Si è formata nel Giurassico medio.
- **Selcifero Lombardo** formato nel Giurassico superiore comprende, come evidenzia il nome, rocce costituite da selce. Affioramenti di questa sono compresi nella zona tra Provaglio e Cortefranca.
- **Maiolica** calcare bianco molto compatto e poco stratificato, affiora nella zona di Clusane e rappresenta il Cretaceo inferiore.
- **Sass de la Lüna** calcari bianchi del Tauriano inferiore compone la parte basale del Monte Alto ed affiora a Clusane

Pur non essendo una vera e propria roccia, un altro elemento caratterizza la zona, forse più in passato che nel presente, la *torba*, spesso inclusa da molti autori nelle rocce sedimentarie.

La torba si origina dalla deposizione, in ambiente palustre, di resti vegetali che, grazie alla bassa concentrazione dell'ossigeno disciolto, non sono completamente decomposti dai batteri.

Gradualmente i sedimenti così formati, subiscono un compattamento che può portare, partendo da una torba tenera e molto porosa, a torbe molto compatte sino alla loro trasformazione in lignite.

Importanti sono i depositi quaternari, rappresentati nell'anfiteatro sebino da

Profilo del sedimento torboso di Iseo-Provaglio (secondo Keller, ridisegnato).

depositi morenici che risultano essere in gran parte *till di alloggiamento*, scarsamente classato e selezionato, contenente spesso clasti angolosi di varie dimensioni.

L'area ospita anche estesi depositi di argille, sottostanti gli strati con le torbe, di origine lacustre e indicanti come il lago d'Iseo avesse in passato un livello più alto dell'attuale.

Oltre ai grandi movimenti tettonici che determinarono la formazione dei rilievi montuosi, anche l'area camuno-sebina è stata profondamente modificata e modellata dai ghiacciai olocenici.

Nell'Olocene si riconoscono almeno quattro periodi glaciali (partendo dal più antico Gunz, Mindel, Riss e Würm) intervallati da altrettanti periodi interglaciali.

I ghiacciai camuni ebbero un notevole sviluppo occupando la Valle Camonica e l'area del Sebino, con uno spessore, calcolato per la glaciazione mindeliana, di 1200 metri.

Gli effetti dell'azione glaciale sono testimoniati dalla presenza in tutto il territorio Sebino e della Franciacorta di numerose morene. Queste devono la loro formazione all'accumularsi dei detriti di origine glaciale.

Tre sono le glaciazioni che hanno lasciato tracce nella zona.

I depositi mindeliani testimoniano come questa sia stata la glaciazione più imponente in questa area. Si ritrovano, infatti, al limite più meridionale dell'anfiteatro e presentano un altitudine residua di circa 800 metri.

I depositi rissiani occupano un ampia fascia della conca. Secondo Vecchia (1954) l'apparato morenico maggiore rissiano forma un ampio cerchio tra il Monte Alto ed il Monte Cognolo.

Per lo stesso autore al suo interno sono racchiusi altri cordoni attribuibili alla glaciazione würmiana. Se per alcune cerchie non vi è unanimità di vedute riguardo l'origine, è tra due di queste, sicuramente würmiane, che si colloca la torbiera.

Più precisamente, il cordone più addossato al lago è quello di Clusane-Cremignane-Iseo, che separa la Lama dal lago; quello più interno è quello di Colombaro-Timoline-Provaglio d'Iseo su cui è anche posto il Monastero di San Pietro in Lamosa.

Sul finire della glaciazione würmiana con il ritiro dei ghiacciai camuni si formò il lago d'Iseo. in base all'estensione dei terreni argillosi, posizionati al limite dell'isoipsa 197, Vecchia (1954) ipotizzò un livello del lago d'Iseo nell'immediato post-glaciale di circa 10-12 m sopra l'attuale livello posto a 185 metri s.l.m.

L'area occupata dalla torbiera risultava essere un ampio golfo del Lago d'Iseo e, quindi, completamente sommerso dalle acque.

Il lago, in quel periodo, risultava possedere due emissari. Il fiume Oglio, tuttora emissario del lago, si dipartiva in località Sarnico; il fiume Longherone, invece, era situato più ad Est, in quella che oggi è la località Stazione Nuova di Provaglio d'Iseo.

L'erosione della soglia provocata dalle acque del fiume Oglio, causò sia l'abbassamento del livello del lago, sia la scomparsa del fiume Longherone. Con l'abbassamento del livello delle acque del lago affiorò progressivamente il cordone morenico Clusane-Cremignane-Iseo che isolò la zona della Lama dal resto del lago.

Il progressivo ritiro delle acque permise l'insediamento di una vegetazione palustre, che portò, fino all'intervento antropico, al graduale interramento del bacino compreso tra Cremignane ed Iseo.

Questa condizione rimase abbastanza stazionaria sino allo XIX secolo.

In questo periodo la domanda d'energia da parte dell'industria manifatturiera del bresciano crebbe a tal punto che la torba divenne un bene che era conveniente sfruttare come combustibile. La torba una volta essiccata ha, infatti, una resa calorica superiore alla legna, anche se inferiore al carbone.

Come riferisce Ruffoni (1981) nel 1863 una società torinese, la «Società Italiana Torbe», acquistò la parte centrale della torbiera iniziando le opere di scavo.

La torba era cavata decorticando il terreno per circa 40 centimetri e la profondità dello scavo, sino al contatto con il fondo argilloso, si aggirava tra i 2 ed i 5 metri.

La società trovò lo sfruttamento redditizio ed in seguito acquistò altre porzioni della torbiera. Nel contempo anche altri soggetti, per lo più piccoli proprietari, iniziarono a cavare la torba per proprio conto. Lo sfruttamento della Lama andò avanti sino agli anni immediatamente seguenti la Seconda Guerra Mondiale, anni in cui la pratica non fu più remunerativa.

L'abbandono delle attività fu repentino, e questo lasciò l'area con un notevole eterogeneità di situazioni. Infatti, accanto a vasche sfruttate sino al contatto con le argille degli strati basali, vi sono una serie di situazioni intermedie sino a casi in cui si era solamente iniziato a decorticare il terreno.

Il discorso per la Lametta è diverso poiché non fu sfruttata come la Lama per ricavarne combustibile, la torba era più leggera e con poca resa calorica, ma fu interessata da opere di scavo tra il 1960 e il 1970 per ricavarne terriccio per scopi florovivaistici.

Secondo calcoli effettuati dalla Lama furono estratti un totale di 4,5 milioni di metri cubi ti torba per un equivalente di 9 milioni di quintali di torba secca.

L'attività estrattiva riprese in un secondo tempo nella parte meridionale della Lama, l'interesse, però, non era più rivolto alla torba ma agli strati argillosi sottostanti.

La flora della Riserva

Lo studio della flora è consistito nel classificare le specie raccolte durante le rilevazioni in campo

Partendo dall'elenco stilato si è analizzato la flora delle «Torbiere del Sebino», per evidenziare la provenienza geografica, l'areale di distribuzione, le esigenze ecologiche delle specie censite e le forme biologiche meglio adattate all'ambiente, che delineano meglio il quadro climatico, geologico ed ecologico degli ambienti riconosciuti nella Riserva.

I dati ricavati secondo le metodologie di Pignatti ed Oberdorfer, sono stati esemplificati negli spettri corologico, biologico ed ecologico.

Le varie specie di piante, adottano diverse strategie per proteggere le gemme durante la stagione avversa, l'adattamento strutturale che le piante mettono in opera per proteggere le gemme determinano la *forma biologica*. Raunkiaer, all'inizio del secolo scorso, propose una ripartizione delle piante vascolari secondo le forme biologiche adottate dalle stesse, la divisione adottata portò all'identificazione delle seguenti categorie:

- **Idrofite** (I): piante perenni con gemme sommerse durante la stagione avversa. Nell'area sono presenti: Idrofite natanti (I nat) e Idrofite radicanti (I rad)
- **Terofite** (T): piante annuali che superano la stagione avversa allo stadio di seme, concludendo il ciclo vitale con la dispersione dei semi e con la morte

dell'individuo. Tipiche delle regioni tropicali aride e spesso sono indice di antropizzazione. Nell'area sono presenti: Terofite reptanti (T rept), Terofite scapose (T scap) Terofite cespitose (T caesp)

- **Geofite** (G): piante perenni con gemme sotterranee protette da organi trasformati in bulbi, tuberi e rizomi. La parte ipogea permane, mentre la parte subaerea muore dopo aver disperso i semi. Tipiche delle regioni con lunga stagione arida. Nell'area sono presenti: Geofite bulbose (G bulb) Geofite radicigemmate (G rad) Neofite rizomatose (G rhiz)
- **Emicriptofite** (H): piante perenni erbacee con gemme situate a livello del terreno, protette dai residui fogliari della stagione vegetativa precedente. Tipiche delle regioni temperate e temperato-fredde. Nell'area sono presenti: Emicriptofite cespitose (H caesp), Emicriptofite reptanti (H rept), Emicriptofite rosulate (H ros), Emicriptofite scapose (H scap), Emicriptofite bienni (H bienn)
- **Camefite** (Ch): piante perenni, legnose almeno alla base, con gemme aeree, portate ad un'altezza inferiore ai 30 centimetri dal suolo, protette da rami e foglie. Si ritrovano sia in regioni fredde dove le gemme sono protette anche dalla neve, ed in regioni aride dove le piante sviluppano un esteso apparato radicale. Nell'area sono presenti: Camefite reptanti (Ch rept), Camefite suffrutticose (Ch suffr)
- **Fanerofite** (P): piante perenni legnose con gemme portate dalle parti aeree ad un'altezza superiore ai 30 centimetri dal suolo. Tipiche delle regioni con clima equatoriale, dove le gemme non necessitano di protezione; nelle zone temperate le gemme sono protette da foglie modificate dette *perule*. Nell'area sono presenti: Fanerofite cespugliose (P caesp), Fanerofite arboree (P scap), Fanerofite lianose (P lian), **Nano-fanerofite** (NP): elementi di transizione tra le Fanerofite e le Camefite, rappresentate essenzialmente da arbusti nani.

La vegetazione della Riserva

Dopo l'iniziale censimento floristico che ha portato alla conoscenza della flora presente ed alla realizzazione di un erbario, l'interesse è stato rivolto più specificatamente allo studio della vegetazione.

Possiamo, infatti, definire come vegetazione, un insieme di individui coerenti con il posto nel quale crescono e nella disposizione che essi stessi hanno assunto (Westhoff 1970) e quindi diverso dal concetto di flora, più astratto, che rappresenta un'enumerazione di taxa.

L'oggetto di studio della Fitosociologia è la vegetazione. Tra i diversi metodi, proposti da vari studiosi, è stato scelto quello proposto da Braun-Blanquet nel 1928.

Questo studioso francese propose questo metodo, relativamente semplificato, consistente nella stesura di un catalogo completo della flora di un sito, e nella successiva stima della copertura delle singole specie.

Questo sistema di studiare la vegeta-

zione prende il nome di rilievo fitosociologico.

Il rilievo secondo il metodo Braun-Blanquet è eseguito mediante una serie di tappe successive.

Per prima cosa va delimitata un'area unitaria ed omogenea contenente tutti gli elementi della vegetazione studiata.

Questa minima unità vegetazionale è detta popolamento elementare «una qualsiasi superficie coperta da vegetazione omogenea ed indisturbata o anche sottoposta ad un'azione di disturbo quando questa si applichi a tutta la superficie» (Pignatti 1959).

L'area del rilievo deve avere una superficie pari o maggiore a quella entro cui il tipo di vegetazione può svilupparsi in maniera completa (minimo areale).

Per le vegetazioni erbacee (di prato e pascolo) e per quelle palustri la superficie del rilievo (e quindi il minimo areale) varia tra i 10-50 m^2 (Pignatti).

Segue a questa prima fase una catalogazione di tutte le specie presenti all'interno del rilievo, per ogni specie è poi stimata la percentuale di superficie coperta: non si determina la frequenza della singola specie (come nel metodo proposto da Raunkiaer) ma la loro copertura.

Per fare questa stima è applicata una scala convenzionale proposta da Braun-Blanquet, i cui indici sono stati modificati in seguito da Pignatti.

Alla raccolta dei dati segue la loro rielaborazione che consiste nel confronto dei rilievi in modo da giungere all'individuazione dei «tipi di vegetazione» cioè degli aspetti di vegetazione che si ripetono regolarmente sia pure con delle lievi differenze.

In fitosociologia alla base della sistematica troviamo l'**associazione** definita da Braun-Blanquet (1915) «*un aggruppamento vegetale più o meno stabile con il mezzo ambiente, caratterizzato da una composizione floristica determinata in cui certi elementi quasi esclusivi rilevano, con la loro presenza, un'ecologia particolare ed autonoma*».

Per riconoscere le associazioni si deve quindi far riferimento alle specie guida o specie caratteristiche che si ritrovano in quella associazione e mancano in quelle limitrofe.

Dopo questa unità fondamentale le categorie superiori sono:

- **Alleanza** «costituita da due o più associazioni ecologicamente affini, limitrofe nello spazio o vicarianti in territori vicini. È individuata per mezzo di specie caratteristiche comuni solo alle associazioni che la costituiscono.».
- **Ordine** «è un complesso di alleanze ed è individuato da specie caratteristiche proprie.».
- **Classe** «riunisce uno o più ordini che corrispondono ad una ecologia simile e presentano spesso una fisionomia comune.». (Pirola 1970)

Per arrivare a questi aggruppamenti si crea una matrice che è sottoposta ad una analisi di agglomerazione (CLUSTER ANALYSIS) sfruttando un programma di elaborazione statistica SINTAX V.

Attraverso questo sistema si aggregano i dati suddividendoli in gruppi omogenei attraverso il metodo UPGMA (average linkage between groups), che calcola la media delle distanze tra tutti i punti di un gruppo e tutti i punti di un altro gruppo.

Si è utilizzato come metodologia l'*analisi in continuo* che tiene in conto i valori di copertura attribuiti ad ogni specie e fornisce maggiori informazioni circa la struttura e la fisionomia delle biocenosi, in questo caso i valori di copertura sono stati convertiti nella matrice secondo la scala di Van deer Maarel (1979):

Come indice di similitudine è stata utilizzatala *distanza cordale*, quanto più il valore ottenuto si avvicina a zero, tanto più i due rilievi sono simili in fisionomia e struttura.

Come risultato dell'elaborazione si ottiene un *dendrogramma*, un grafico che dispone in ordine gerarchico i rilievi, avvicinando tra loro quelli più simili. Ogni ramo del dendrogramma rappresenta così un rilievo e la sua lunghezza è inversamente proporzionale alla somiglianza tra i rilievi raggruppati, quindi i rilievi uniti da un breve tratto sono più simili di quelli riuniti da tratti più lunghi o a livelli più alti (Pignatti, 1995).

Il dendrogramma è articolato in cluster che rappresentano gruppi di rilievi con un certo grado di similarità.

Per ogni gruppo le specie sono state ordinate in base alla frequenza ottenuta. La lista delle specie rende possibile confrontare tra loro i vari cluster di rilievi, prendendo in considerazione solamente le specie più frequenti.

La restituzione della Carta

Tutte le informazioni raccolte durante gli anni di campionamento sono state riassunte in una carta ed elaborate mediante un GIS.

Le informazioni raccolte con la rilevazione diretta in campo e successivamente elaborate caratterizzano la topografia dell'area della Riserva attribuendo a parti di essa varie valenze.

Le informazioni possono essere *quantitative*, i dati sono sempre misurabili e rappresentati da un valore numerico o definito, oppure *qualitative*, legate più all'interpretazione di chi ha raccolto i dati o rappresentate da un valore non misurabile e spesso variabile.

Le informazioni possono, anche, essere dedotte da documenti storici, vecchie carte topografiche e fotografie storiche, oppure da studi pregressi, come per esempio da rilievi presenti in bibliografia.

Per la realizzazione delle carta si è scelta come base cartografica le CTR (Carte tecniche Regionali) che rappresentano il territorio con una scala di 1:10000. Sono state acquisite, in modalità digitale, anche alcune ortofoto dell'area delle torbiere aumentando così la possibilità di dettagliare la zona.

Le informazioni raccolte sul campo sono state inserite attraverso dei *layers* gestiti separatamente attribuendo agli elementi caratteristiche posizionali e tematiche.

Si sono mappate le diverse fisionomie di vegetazione presenti, seguendone i limiti con ricevitori GPS in modalità stop and go.

Una volta delineati i rapporti spaziali tra le varie vegetazioni, sono stati posizionati con la medesima strumentazione GPS, i percorsi pedonali, i transetti e i rilievi floristici e fitosociologici.

Un ulteriore passo è stato quello di

sfruttare le potenzialità di calcolo del GIS per elaborare con la cluster analysis la componete quali-quantitativa dei rilievi fitosociologici, e compuere una correlazione puntuale fra gli elementi areali della carta della vegetazione così da affinare e generalizzare le informazioni contenute.

Avendo diviso la vegetazione in porzioni con la medesima fisionomia, ogni rilievo conferisce all'unità in cui è inserito le caratteristiche fitosociologiche e sintassonomiche. Questo aumenta l'informazione a nostra disposizione, passando da una descrizione fisionomica, basata solo sull'aspetto della struttura ad una fitosociologica, basata sulle componenti floristiche che caratterizzano quella determinata vegetazione.

La superficie cartografata ricopre un'area pari a 3.616.383 mq. Sono stati rilevati 898 poligoni che rappresentano altrettante unità di vegetazione. Il più piccolo ha una superficie di 0,40 mq, mentre il più grande misura 573.766 mq.

Le tipologie di vegetazione comprese delle aree che ne sono prive, specchi d'acqua e porzioni marcatamente antropiche, sono 15. Il gruppo che ha il maggior numero di poligoni, 187, è quello rappresentato dai lamineti.

I poligoni con *Phragmites australis* molto abbondante sono 92, mentre quelle in cui la cannuccia di palude si accompagna ad altre specie sono 197, con una superficie complessiva di 764.730 mq, il 40% della vegetazione non acquatica.

Anche questo dato dimostra come ormai le tipologie di vegetazione improntate da questa specie siano la caratteristica dominante della Riserva.

I cariceti sono rappresentati da 95 poligoni ed occupano un'area di 138558 mq.

Bollettino dell'A.I.C., n. 121-122 / 2004

COMPARAZIONE TRA I TASSI DI EROSIONE E SOLLEVAMENTO DELL'APPENNINO LUCANO: L'ESEMPIO DELLA FIUMARA DI TITO E PICERNO

COMPARISON BETWEEN UPLIFT AND EROSION RATES FROM THE TITO-PICERNO RIVER BASIN, SOUTHERN ITALIAN APENNINES

Marcello Schiattarella (*), **Paolo Beneduce** (*), **Stefania Pascale** (**)

(*) Dipartimento di Scienze Geologiche, Università della Basilicata, Potenza.
(**) D.I.F.A., Università della Basilicata, Potenza.

Riassunto

La Fiumara di Tito e Picerno scorre in una valle asimmetrica del versante sud-occidentale dell'Appennino lucano, caratterizzata da almeno quattro ordini di superfici topografiche poligeniche. Nell'area dominano i processi di erosione lineare ma non mancano i movimenti di massa. Allo scopo di mettere in relazione tali processi con la mobilità tettonica della zona assiale della catena, è stata condotta l'analisi geomorfica quantitativa del bacino idrografico e stimata l'entità dell'erosione legata al deflusso superficiale tramite cartografia politematica. Il tasso di erosione medio annuo per l'intera area è risultato di circa 0.2 mm/anno.
Sulla base delle correlazioni tra superfici erosionali e deposizionali all'interno del bacino e tra queste ed elementi del paesaggio a scala regionale, è stato calcolato un tasso di sollevamento medio pari a 0.7 mm/anno per gli ultimi 2 Ma. La comparazione con la velocità di erosione suggerisce in prima analisi che il tasso di smantellamento erosivo da parte dei corsi d'acqua non ha compensato il tasso di sollevamento della zona assiale dell'Appennino lucano, che risulterebbe pertanto essere un sistema in forte disequilibrio all'interno del quale altri processi erosivi (franosità e movimenti lenti di versante) vengono necessariamente attivati. I tassi di *uplift* in aree contigue e relativi ad intervalli temporali più ristretti e recenti, cioè riferibili al Pleistocene superiore – Olocene, rivelano tuttavia valori intorno a 0.2-0.3 mm/anno – e dunque comparabili con quelli di erosione calcolati in questo lavoro. Questo testimonierebbe uno stato di equilibrio stazionario della catena, dove la franosità è stata concentrata in determinati periodi del recente passato geologico per motivi essenzialmente climatici ed è attivata in tempi storici anche per induzione sismica.

Parole chiave: Geomorfologia tettonica, tassi di sollevamento ed erosione, Appennino meridionale.

Abstract

The Tito-Picerno River flows in an asymmetric valley of the axial zone of the Lucanian segment of the southern Italian Apennines, including the homonymous villages, not far from the town of Potenza. This stream is a tributary of a network delivering to the Tyrrhenian Sea. The valley sides are

characterized by four orders of erosional polygenic and/or depositional landsurfaces, at least. This area prevalently underwent fluvial erosion, but landforms related to mass movements are significantly present as well.
In order to relate these different erosion processes to tectonic mobility of the axial zone of the chain, a geomorphic quantitative analysis has been carried out and the eroded volumes of rocks forming both the Mesozoic bedrock and the Pliocene clastic covers have been calculated, using cartographic methods and also converting the fluvial turbid transport data as evaluated by geomorphic parameters. The annual average erosion rate is about 0.2 mm/a.
On the grounds of correlations among landsurfaces inside the basin and between these ones and the nearby palaeosurfaces extended on a regional scale, an uplift rates of 0.7 mm/a for the last 2 Ma has been estimated. The comparison with the erosion rate suggests in a first analysis that the fluvial erosion did not match the tectonic uplift of the axial zone of the Lucanian Apennine, which therefore could result a non-steady system, strongly perturbed by other erosion phenomena. In such a framework, landslides and soil creep have to be necessarily activated to drop the disequilibrium triggered by uplift/erosion rate differential. Nevertheless, uplift rates from adjacent areas and related to a smaller time-span, and in particular referred to the late Pleistocene – Holocene interval, revealed values of 0.2-0.3 mm/a, well-fitting the erosion rate calculated in the study area. This testifies a steady-state of the chain, in which mass movements activity has been concentrated in particular periods of the recent geological past essentially because of climatic factors and is triggered during historical times also by seismic induction.

Key words: *Tectonic geomorphology, uplift and erosion rates, southern Apennines.*

Introduzione

La comprensione dei meccanismi di interazione tra clima, tettonica ed evoluzione del paesaggio e dei relativi effetti di *feedback* ha in anni recenti attratto diverse competenze della comunità scientifica internazionale. Grande interesse rivestono, infatti, i parametri quantitativi utili alla comprensione della storia evolutiva delle catene orogeniche, con particolare riferimento alla stima dei tassi di sollevamento e/o erosione in differenti contesti morfoclimatici ed alla determinazione dei carichi tettonici sopportati dalle successioni sedimentarie. Uno degli scopi principali delle ricerche in atto è rappresentato, da un lato, dalla possibilità di una migliore definizione dei tempi e delle modalità di esumazione dei nuclei formati dalle rocce più antiche degli orogeni e, dall'altro, da una più precisa attribuzione genetica di varie caratteristiche tettoniche delle catene, quali lo stile deformativo nei differenti regimi geodinamici, l'assetto morfostrutturale regionale ed il significato tettonico e la cinematica di apertura dei bacini intermontani recenti.

I primi studi quantitativi sui tassi di sollevamento dell'Appennino sono comparsi solo recentemente e riguardano diversi settori della catena (Schiattarella *et al.*, 2003; Boenzi *et al.*, 2004, e bibliografie contenute), seppure in maniera ancora poco rappresentativa dell'intero sistema orogenico. Le indagini strutturali e morfostrutturali sui bacini plio-quaternari sono invece inquadrate in una più robusta e prolifica tradizione lettera-

ria e - nella fattispecie dell'Appennino meridionale - hanno già da tempo ampiamente contribuito alla conoscenza di questo settore della penisola italiana (cfr. p.es. Schiattarella, 1998, e bibliografia contenuta). Gli aspetti stratigrafici dei depositi quaternari risultano generalmente ben definiti, anche se talvolta una migliore determinazione delle età dei depositi appare necessaria proprio ai fini della datazione degli elementi morfologici utili alla determinazione dei tassi di sollevamento (cfr. p.es. Watchman & Twidale, 2002). La comprensione dell'evoluzione morfotettonica di un orogene recente e complesso come l'Appennino meridionale deve pertanto essere basata sulla stima congiunta di tassi di sollevamento ed erosione, sulla discriminazione del contributo della tettonica locale rispetto al sollevamento regionale e sulla definizione dei carichi tettonici delle unità affioranti nelle stesse aree, come recentemente suggerito da un simile approccio multidisciplinare (Schiattarella *et al.*, 2003). A livello metodologico, infine, andrebbero investigati gli aspetti dell'influenza dei fattori climatici del passato sull'entità dell'erosione.

L'area prescelta per lo studio-pilota qui presentato, allo scopo di contestualizzare i processi erosivi all'interno di un modello morfoevolutivo che tenesse conto anche della mobilità tettonica della zona assiale della catena sud-appenninica, è quella del bacino imbrifero della Fiumara di Tito e Picerno, su cui è stata condotta sia l'analisi geomorfica quantitativa e stimata l'entità dell'erosione legata al deflusso superficiale, che l'analisi morfostrutturale per l'individuazione dei *marker* utili alla determinazione dei tassi di *uplift*.

La Fiumara di Tito e Picerno è un corso d'acqua a carattere torrentizio che scorre in una valle intermontana ubicata sul versante occidentale dell'Appennino lucano (Fig. 1). Il bacino idrografico sotteso ha un'estensione di circa 150 kmq, un dislivello compreso tra le quote di 1450 e 370 m s.l.m. e una direzione di sviluppo NO-SE. Il profilo trasversale della valle è asimmetrico e mostra i resti di più ordini di superfici poligeniche che corrispondono ai relitti di antichi paleopaesaggi o di locali livelli di base dell'erosione, a luoghi dislocati dalla tettonica quaternaria (Fig. 2). La morfogenesi è dominata dai processi di erosione lineare, e, in subordine, legata a movimenti di massa.

Inquadramento geologico e geomorfologico dell'area

Il bacino della Fiumara di Tito e Picerno è localizzato nella zona assiale dell'Appennino lucano, un'area di catena fortemente affetta dalla strutturazione neotettonica plio-quaternaria (Ortolani *et al.*, 1992). L'ossatura geologica dell'area è costituita dai termini mesozoici e terziari delle Unità lagonegresi (Pescatore *et al.*, 1999, e bibliografia contenuta), ricoperti in discordanza da depositi clastici di età pliocenica (Fig. 1).

Da un punto di vista geomorfologico, la catena sud-appenninica è caratterizzata da un profilo topografico fortemente asimmetrico, con la linea di cresta spostata verso il margine tirrenico dell'oro-

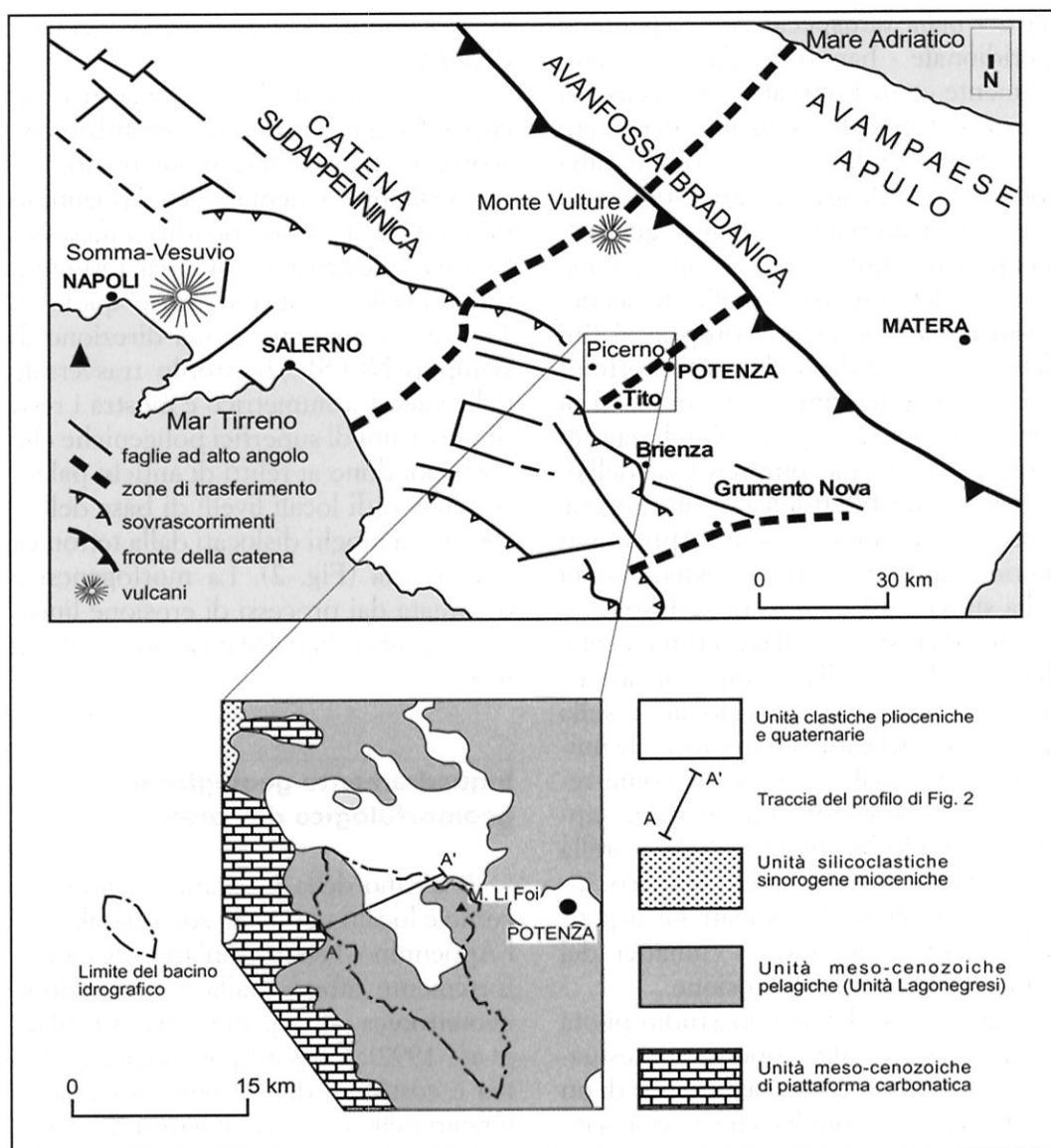



FIGURA 1 – *Schema tettonico dell'Appennino meridionale (da Schiattarella* et al., *2003, modif.) e schema geologico dell'area di studio.*

gene e non coincidente con lo spartiacque regionale. Il fianco orientale della dorsale ha pertanto una maggiore estensione ed una minore pendenza media di quello occidentale. Le cime più alte si attestano intorno ai 2000 m s.l.m., mentre

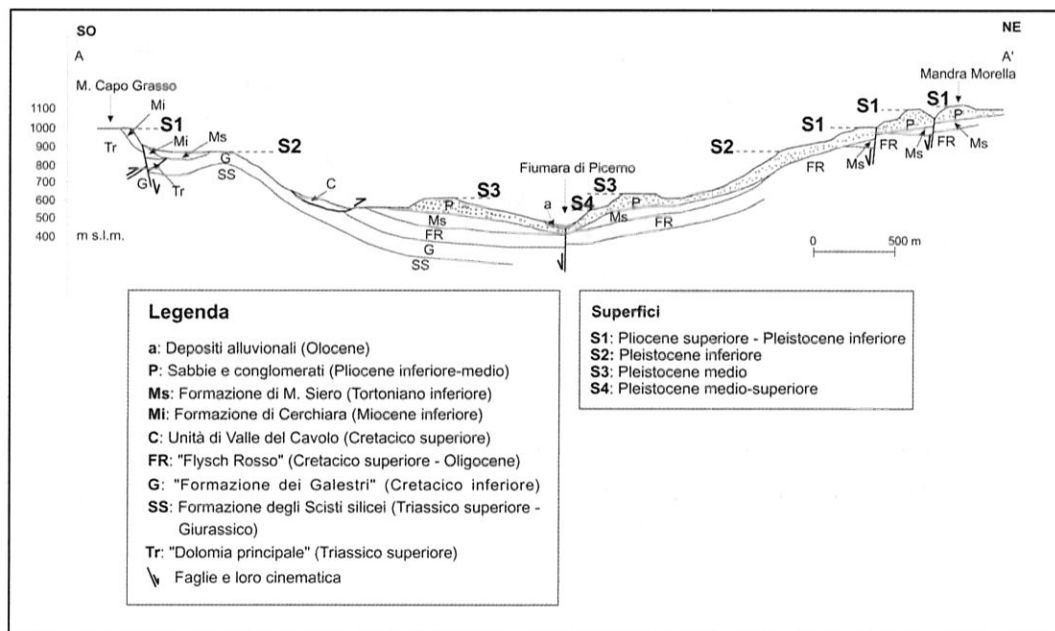



FIGURA 2 – *Profilo morfostratigrafico A-A' (esagerazione verticale = 2x) mostrante la distribuzione altimetrica delle superfici di erosione e/o deposizione nel bacino della Fiumara di Tito e Picerno (traccia del profilo in Fig. 1).*

l'elevazione media della catena è di circa 650 m s.l.m. (Amato *et al.*, 1995). La sommità dei rilievi è spesso caratterizzata da una topografia blandamente ondulata o sub-orizzontale, attribuibile ai relitti di antiche superfici erosionali (Widdowson, 1997), come riconosciuto per molte aree orogeniche (cfr. Bartolini, 1980; Cinque, 1992; Kennan *et al.*, 1997; Coltorti & Pieruccini, 2000; Casas-Sainz & Cortés-Garcia, 2002; Bosi, 2002, tra gli altri), che troncano successioni stratigrafiche e strutture tettoniche di vario genere (Brancaccio *et al.*, 1991; Russo & Schiattarella, 1992; Amato & Cinque, 1999, Ascione & Romano, 1999, tra gli altri). Le superfici di spianamento sono distribuite lungo l'intera fascia orogenica ed organizzate in più generazioni sovrapposte, comprese tra i 500 ed i 1500 m s.l.m., variamente dissecate dall'erosione lineare e dislocate da faglie ad alto angolo (Amato & Cinque, 1999; Schiattarella *et al.*, 2003). I tassi di sollevamento dell'Appennino campano-lucano si attestano mediamente intorno a valori di 1 mm/a (Westaway, 1993; Amato, 2000; Schiattarella *et al.*, 2003; Boenzi *et al.*, 2004).

Il bacino idrografico della Fiumara di Tito-Picerno ha uno sviluppo longitudinale in direzione NO-SE, a partire dalle pendici nord-occidentali di Monte Arioso fino all'altezza dell'abitato di Baragia-

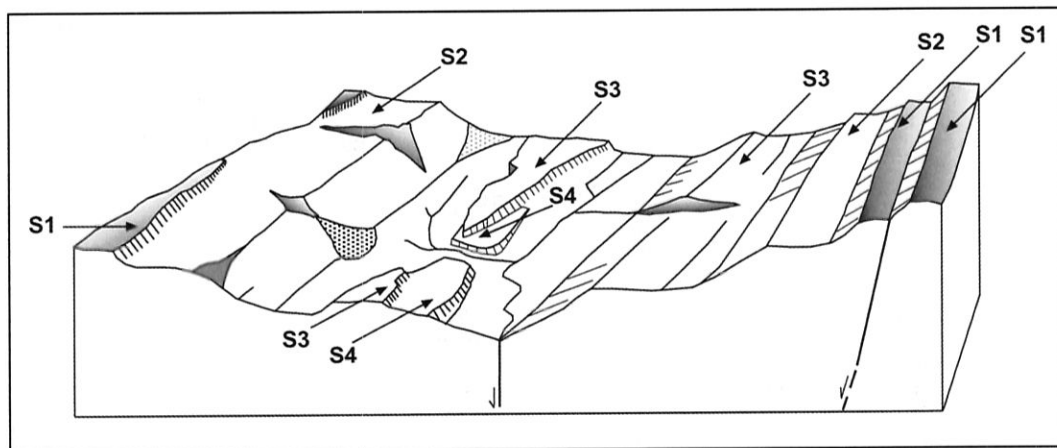



FIGURA 3 – Block diagram *morfostrutturale dell'area di studio. Sigle: S1, S2 ed S3 = superfici erosionali; S4 = superficie deposizionale.*

no. La destra orografica coincide in buona parte con il versante sud-occidentale di Monte Li Foi, mentre il bacino è confinato a sud-ovest dalla dorsale compresa tra le cime di Monte Arioso, Monte Caruso e Monte Vetrice. Lo spartiacque occidentale del bacino lo separa da quello del Torrente Melandro, mentre il crinale orientale – passante per la cima di Monte Li Foi – coincide con la linea di spartiacque della catena.

La valle della Fiumara di Tito-Picerno presenta uno sviluppo trasversale generalmente asimmetrico, con i fianchi in sinistra orografica caratterizzati da pendenze più basse rispetto a quelli in destra. Il corso principale, di tipo *braided stream*, scorre in una valle intermontana quaternaria aggradata da sedimenti alluvionali e recepisce una serie di corsi affluenti il cui innesto con l'asta principale avviene generalmente con angoli di confluenza molto alti. Talvolta, nei pressi delle confluenze con le aste di ordine inferiore, si individuano corpi deposizionali riferibili a conoidi alluvionali che in qualche caso hanno leggermente modificato il percorso della fiumara. Alcune di queste conoidi risultano moderatamente reincise. Le aste secondarie hanno scolpito in alcuni casi forme forratiche impostate prevalentemente in conglomerati plio-quaternari.

Lembi isolati di antiche superfici topografiche, preservati sugli spartiacque principali e secondari oltre che lungo i fianchi vallivi (Figg. 2 e 3), sono osservabili a quote comprese tra 1200 m e 600 m s.l.m. ed attribuibili ad almeno quattro ordini di superfici poligeniche (S1, S2, S3 ed S4 in Schiattarella *et al.*, 2003), peraltro variamente dislocate dalla tettonica quaternaria. Le superfici S1, S2 ed S3, ubicate tra i 1200 m e gli 800 m di quota, risultano di tipo erosionale, mentre la superficie S4, posizionata intorno

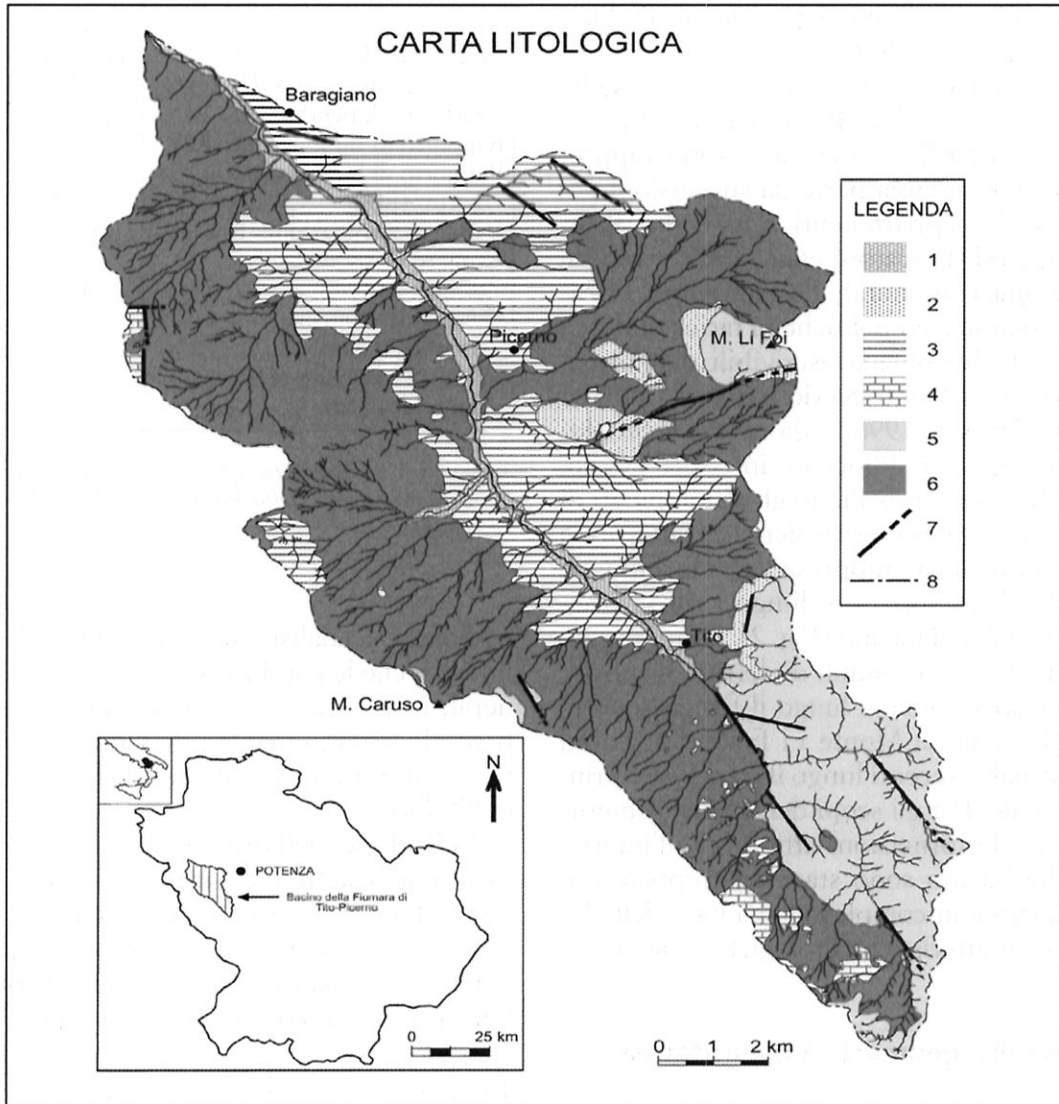



FIGURA 4 – *Carta dei complessi litologici del bacino idrografico. Legenda: 1. Complesso alluvionale: deposito eterometrico, non cementato, costituito da ghiaia e sabbia; 2. Complesso detritico: depositi di versante poco cementati, costituiti da elementi a spigoli vivi o scarsamente arrotondati; 3. Complesso sabbioso-conglomeratico: sabbie stratoidi o ben stratificate con lenti di conglomerati a matrice sabbiosa e conglomerati poligenici poco cementati con lenti argillose o sabbiose; 4. Complesso calcareo-dolomitico: Formazione di Cerchiara, «Dolomia principale», membro organogeno della Formazione di Monte Facito; 5. Complesso calcareo-siliceo: Formazione degli Scisti Silicei e Formazione dei Calcari con selce; 6. Complesso terrigeno: Formazione di Monte Sierio, Formazione di Corleto Perticara, «Flysch Rosso», Unità di Valle del Cavolo, Formazione dei Galestri, membro terrigeno della Formazione di Monte Facito; 7. Faglia ad alto angolo e sua probabile prosecuzione; 8. Limite di bacino.*

ai 600 m, è di tipo deposizionale (Schiattarella *et al.*, 2003).

I terreni affioranti nel bacino della Fiumara di Tito-Picerno e quelli costituenti i rilievi circostanti sono rappresentati in larga parte da successioni pelagiche appartenenti alle Unità lagonegresi (Pescatore *et al.*, 1999, e bibliografia contenuta), da alternanze calcareo-arenaceo-pelitiche in facies di flysch di età Tortoniana, ascrivibili alla Formazione di Monte Sierio (*sensu* Castellano & Sgrosso, 1996) e da sabbie e conglomerati del Pliocene inferiore-medio. Meno estesi risultano gli affioramenti di terreni meso-cenozoici di piattaforma carbonatica, rappresentati da dolomie del Trias superiore lungo i rilievi occidentali del bacino (Fig. 2). Sono presenti, inoltre, accumuli di detrito di versante, specialmente lungo il fianco sud-occidentale di Monte Li Foi, ed alluvioni attuali e recenti lungo il fondovalle principale. Per gli scopi dell'analisi geomorfica, le formazioni affioranti all'interno del bacino sono state raggruppate e/o distinte in complessi sulla base delle loro caratteristiche litologiche (Fig. 4).

Analisi geomorfica quantitativa

L'analisi geomorfica quantitativa eseguita sull'intera rete drenante del bacino idrografico della Fiumara di Tito-Picerno ha permesso di determinare una serie di parametri geomorfici (Tab. 1), in base ai quali sono state individuate le caratteristiche morfometriche del reticolo, definito lo stadio evolutivo del corso principale e valutata l'entità dell'erosione lineare. L'analisi è stata condotta nell'ipotesi che le condizioni climatiche generali in questa fascia territoriale della penisola si siano mantenute mediamente costanti a partire almeno dalla metà dell'Olocene.

Parametro	Valore
Area (A)	151 km^2
Lunghezza delle aste (L)	445.16 km
Densità di drenaggio (D)	2,9 km^{-1}
Gradiente di pendio (θ)	13.9 %
Rapporto di biforcazione (Rb)	6
Rapporto di biforcazione diretto (Rbd)	5.35
Indice di biforcazione (R)	0.66
Numero di anomalia gerarchica (Ga)	418
Densità di anomalia gerarchica (ga)	2.76
Indice di anomalia gerarchica (Δa)	0,52

TABELLA 1 - *Parametri geomorfici relativi all'intero bacino della Fiumara di Tito e Picerno.*

Sulla base dell'ordine di ogni segmento fluviale (u) e del numero dei segmenti di un dato ordine (N_u) è stato determinato il grado di gerarchizzazione della rete drenante (Fig. 5 e Tab. 2). Il bacino idrografico è risultato di quinto

TABELLA 2 – *Computo delle aste e dei loro sottobacini.*

Numero di sottobacini	*Ordine gerarchico*	*Numero di aste (Nu)*
1	V	1
12	IV	12
11	III	52
28	II	210
	I	790

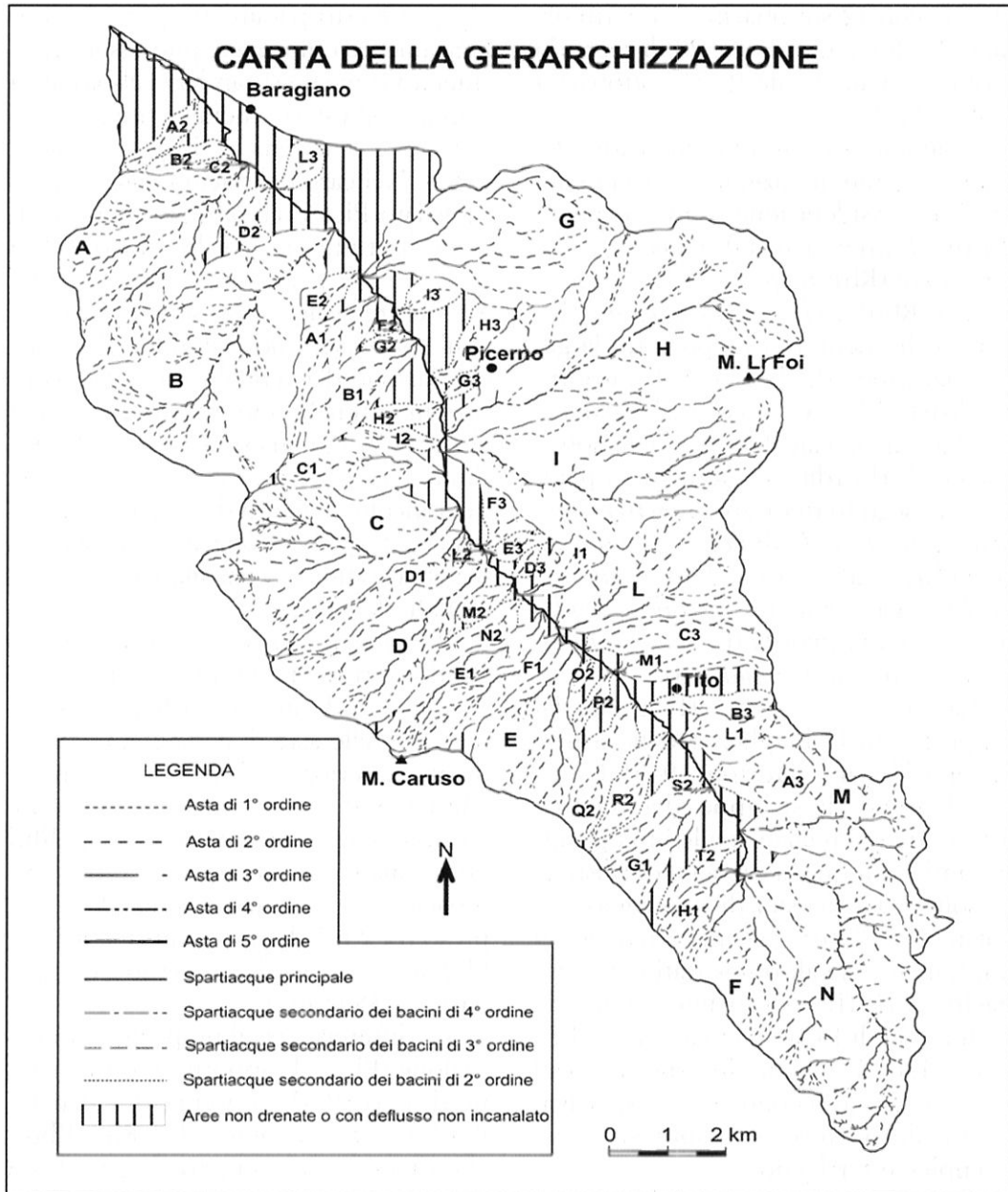



FIGURA 5 – *Carta della gerarchizzazione del reticolo idrografico. Le maiuscole con carattere leggermente più grande indicano i sottobacini di IV ordine, quelle più piccole seguite da un numero indicano invece i bacini di III e II ordine e corrispondono alle lettere con pedice numerico riportate nel testo ed in Tabella 3.*

ordine, con 12 sottobacini di quarto ordine, 11 di terzo ordine e 28 di secondo ordine, per un totale di 51 sottobacini (Tabb. 2 e 3).

I parametri geomorfici indicativi del grado di gerarchizzazione del bacino qui presi in considerazione sono i seguenti: *densità di drenaggio* (D); *rapporto di biforcazione* (Rb); *rapporto di biforcazione diretto* (Rbd); *indice di biforcazione* (R). Per meglio definire i rapporti tra la gerarchizzazione del bacino e il trasporto solido e torbido (Ciccacci *et al*, 1980) sono stati anche calcolati, per ogni sottobacino di II ordine e successivi, i parametri di seguito riportati: *numero di anomalia gerarchica* (Ga); *indice di anomalia gerarchica* (?a); *densità di anomalia gerarchica* (ga); *gradiente medio di pendio* (q); *indice di franosità* (j); *deflusso torbido unitario medio annuo* (Tu).

La *densità di drenaggio* (D) è data dal rapporto tra la lunghezza delle aste e l'area del bacino (Horton, 1945). Esprime il grado di sviluppo del reticolo idrografico in relazione alle litologie affioranti e dunque la capacità di trasporto solido. La densità di drenaggio calcolata per l'intero bacino è pari a 2.9 km^{-1}, mentre i valori misurati nei sottobacini di II, III e IV ordine variano da un minimo di 1.6 ad un massimo di 4.75 km^{-1} (Tab. 3). Valori intorno a questi due estremi appaiono tipici rispettivamente del Complesso sabbioso e del Complesso terrigeno.

Il *rapporto di biforcazione* (Rb) è definito come il rapporto tra il numero dei segmenti fluviali di un dato ordine ed il numero dei segmenti fluviali dell'ordine immediatamente successivo ($Rb = N_u / N_{u+1}$). Questo parametro, per aree litologicamente omogenee, può essere considerato come una grandezza abbastanza stabile, con valori generalmente compresi tra 3 e 5 (Avena & Lupia Palmieri, 1969). Nel caso del bacino della Fiumara di Tito-Picerno il rapporto di biforcazione ha tuttavia un valore medio di 6 (da 2 a 7 per i vari sottobacini, cfr. Tab. 3). Mentre i valori bassi sono tipici di alcuni sottobacini dove il grado di gerarchizzazione del reticolo raggiunge condizioni ottimali, soprattutto per quelli che presentano un'estensione areale modesta, i valori alti indicano una geometria del reticolo alquanto disorganizzata, peculiare di quei sottobacini impostati su terreni caratterizzati da marcate eterogeneità litologiche.

Il *rapporto di biforcazione diretto* (Rbd) esprime la relazione tra il numero di segmenti di un dato ordine che si innestano nelle aste di ordine immediatamente superiore e il numero di queste (Avena *et al.*, 1967). Nel caso di studio, a causa delle variazioni litologiche, Rbd non si mantiene costante per tutti i sottobacini, ma varia in un intervallo compreso tra 2 e 7. La media aritmetica per l'intero bacino di Tito-Picerno è dunque pari a 5.35 (Tab. 1).

La differenza tra il rapporto di biforcazione (Rb) e il rapporto di biforcazione diretto (Rbd) consente di calcolare l'*indice di biforcazione* (R = Rb - Rbd), che dipende dal numero di aste di un certo ordine gerarchico che non confluiscono in quelle dell'ordine successivo. Per valori alti di R, i reticoli mostrano in genere un forte condizionamento strutturale (cfr. p.es. Lupia Palmieri *et*

Sottobacini	*Rb°*	*Rbd°*	*R°*	*Ga*	*Da*	*ga*	*A* (km^2)	*D* (km^{-1})	θ (%)	φ (%)	*Tu* (t/km^2)
A (V.^{ne} di Caveta)	3.68	3.2	0.4	30	0.65	4	7.5	4.75	17.38	6.1	660.6
B (V.^{ne} del Porcino)	4	3.35	0.65	36	0.56	3.13	11.5	3.2	17.4	18.6	316.2
C (Torrente Prolla)	4.6	4.2	0.4	42	0.5	5.25	8	4	15.9	24.2	512.86
D (Torrente Fiumaita)	3.1	2.8	0.3	18	0.6	4	4.5	3.9	15.6	15.5	478.03
E (V.^{ne} Radolena)	2.7	2.5	0.2	12	0.6	3.24	3.7	3.54	16.2	22.8	386.95
F (F.^{so} Piano Marino)	2.8	2.5	0.3	10	0.5	2.8	3.5	3.99	24.2	3.3	467.7
G (V.^{ne} Nocella)	3.04	2.76	0.27	16	0.64	2.13	7.5	2.56	15.5	4.25	233.3
H (Torrente Ontrato)	3.7	3.18	0.51	28	0.54	2	14.25	3	24.82	17.18	271.8
I (F.^{so} Acqua la Forra)	4.1	3.2	0.9	30	0.45	2.85	10.5	3.44	19.6	10.2	380.8
L (Can.^{le} Bruciato)	3.3	2.83	0.5	12	0.4	2.4	5	3.59	15.25	2.4	380.18
M (F.^{so} Mangosa)	3.5	2.2	1.3	20	0.45	3.13	5.75	2.86	22.37	0	266.48
N (T.^{te} Noce)	4.8	4.06	0.7	54	0.48	4.69	11.5	3.64	28.1	0	434.4
A_1 (V.^{ne} di Caiella)	3.25	3.25	0	4	0.4	2	2	3.11	16.7	9	281.8
B_1 (V.^{ne} Molare)	3.25	3.25	0	4	0.4	2	2	2.56	21.9	5.4	199.5
C_1 (V.^{ne} Prolla)	5.25	3.5	0.25	6	0.5	3	2	2.9	21.8	10.25	263
D_1 (V.^{ne} Castellara)	3.25	3.25	0	4	0.36	2	2	2.9	21.3	10.15	251.1
E_1 (F.^{so} Maccarone)	4.8	3.7	0.3	10	0.6	5	2	3.8	12.8	0	457.5
F_1 (loc. Mambreda)	3.5	3.15	0.35	6	0.5	3	2	3.8	13.4	2.18	440.2
G_1 (F.^{so} Bottalupo)	2.8	2.8	0	6	0.75	3.42	1.75	2.92	17.7	10.07	269.15
H_1 (F.^{so} del Grutto)	3	3	0	4	0.5	2.6	1.5	2.88	15.1	8.3	245.4
I_1	2.8	2.8	0	5	0.75	6	1.2	2.75	13.28	10	253.78
L_1 (F.^{so} dei Martiri)	3.5	3.5	0	4	0.4	2.6	1.5	2.88	32.2	0	257
M_1 (loc. P.no Marella)	2	2	0	4	1	2.5	1.6	2.4	13.8	0	183.89
A_2	3	3	0	2	0.6	3.57	0.56	3.75	17.1	0	430
B_2	2	2	0	2	1	4	0.5	3	15.42	0	281.8
C_2	2	2	0	2	1	8	0.25	3.2	16.8	0	380.18
D_2 (F.^{so} dei Laghetti)	2	2	0	2	1	3.57	0.56	2.8	12.33	0	253.2
E_2	2	2	0	2	1	2.6	0.75	1.9	12.9	0	114.8
F_2	2	2	0	2	1	8	0.25	2	16.4	0	162.18
G_2	5	5	0	2	0.4	8	0.25	3.5	17	0	462.3
H_2	3	3	0	2	0.6	4	0.5	2.9	17.7	20	275.4
I_2	3	3	0	2	0.6	3.3	0.6	2.8	15.6	27.8	247.23
L_2	2	2	0	2	1	8	0.25	2	17.42	0	166.2
M_2	3	3	0	2	0.6	4	0.5	3.05	10	0	295.12
N_2 (loc. Sorg. Pisciolo)	7	7	0	2	0.28	2	1	2.9	12.1	8.25	251.18
O_2	2	2	0	2	1	8	0.25	2.7	11.4	0	283
P_2	2	2	0	2	1	6.6	0.3	2.25	10.5	0	193.6
Q_2 (V.^{ne} S. Leonardo)	6	6	0	2	0.33	1.5	1.5	3.38	12.1	8.78	328.75
R_2 (F.^{so} Abbazia)	5	5	0	2	0.4	1.26	1.25	3.98	13.18	5.7	458.18
S_2 (F.^{so} Serra Macine)	5	5	0	2	1	1.6	1.25	2.48	11.6	0	186.2
T_2 (F.^{so} di Nardorusso)	4	4	0	2	0.5	2	1	2.375	17.5	0	173.7
A_3 (V.^{ne} di Merno)	5	5	0	2	0.4	1.3	1.5	2.26	26.5	0	154.88
B_3 (F.^{so} della Presa)	3	3	0	2	0.6	2	1	2.5	35.3	0	186.2
C_3	7	7	0	2	0.28	1.14	1.75	3.12	16	0	282.2
D_3	2	2	0	2	1	0.6	0.3	2	21.5	0	155.12
E_3	5	5	0	2	0.4	4	0.5	2.5	24	0	200
F_3 (F.^{so} Varco)	5	5	0	2	0.5	2.6	0.75	1.9	21.2	0	114.8
G_3	2	2	0	2	1	6.6	0.3	2.8	44	0	286.47
H_3 (F.^{te} Pizzicarino)	4	4	0	2	0.5	2	1	1.6	23.16	0	86.2
I_3 (F.^{so} di Riso)	2	2	0	1.3	1	4	0.75	2	19.77	0	69.18
L_3 (F.^{so} Pocamata)	3	3	0	2	0.6	2.6	0.75	2.23	17.25	0	162.18

TABELLA 3 - *Parametri geomorfici dei sottobacini: rapporto di biforcazione (Rb°, valore medio); rapporto di biforcazione diretto (Rbd°, valore medio); indice di biforcazione (R°, valore medio); numero (Ga), indice (Δa) e densità di anomalia gerarchica (ga); area del bacino (A); densità di drenaggio (D); gradiente di pendio (θ); indice di franosità (φ); trasporto torbido unitario (Tu).*

al., 1995; Firpo & Spagnolo, 2001; Beneduce *et al.*, 2004). I valori dell'indice di biforcazione R nel bacino in esame variano da un minimo di 0 ad un massimo di 1.3 (Tab. 3). Il valore medio dell'indice di biforcazione per l'intero bacino di Tito-Picerno è pari a 0.66 (Tab. 1) e testimonia di un'organizzazione gerarchica complessivamente disordinata e scarsamente controllata dalla struttura tettonica.

Sono stati inoltre calcolati, sempre per i sottobacini di II ordine e successivi, il *numero di anomalia gerarchica* (Ga), l'*indice di anomalia gerarchica* (?a = Ga / N_1) e la *densità di anomalia gerarchica* (ga = Ga / A). Questi parametri permettono di esprimere, oltre che il grado di gerarchizzazione raggiunto da ogni sottobacino, anche le relazioni con il trasporto solido (Ciccacci, *et al*, 1980).

Il *numero di anomalia gerarchica* Ga esprime il numero minimo di aste di primo ordine necessari a far divenire il reticolo perfettamente gerarchizzato, che per l'intero bacino è pari a 418 (Tab. 1) mentre per i vari sottobacini si registra un valore minimo pari a 2 e un valore massimo di 54 (Tab. 3).

L'*indice di anomalia gerarchica* (?a = Ga / N_1) e la *densità di anomalia gerarchica* (ga = Ga / A) esprimono rispettivamente il rapporto tra il numero di anomalia gerarchica e l'effettivo numero di segmenti di primo ordine del reticolo, e il rapporto tra il numero di anomalia gerarchica e l'area di competenza del bacino. I valori più bassi dell'indice di anomalia gerarchica (?a = 0.28) si riscontrano nei sottobacini di secondo ordine aventi ridotte dimensioni areali, quelli più alti sono relativi agli ordini successivi (valore max di ?a = 1). Negli stessi sottobacini di secondo ordine si registrano i valori più bassi della densità di anomalia gerarchica (ga = 1.14) mentre il valore massimo della densità di anomalia gerarchica (ga = 8) si rileva nei sottobacini G_2, F_2, L_2, O_2 (Tab. 3). I valori più elevati registrati in tutti i sottobacini sono indicativi di aste di drenaggio gerarchicamente anomale che non confluiscono in segmenti di ordine immediatamente superiore. Queste anomalie sono predominanti per le aste di ordine più basso a cui si deve in gran parte la disorganizzazione del reticolo. Considerando che in tutta l'area esaminata esistono in media circa 0.5 influenze anomale per ogni segmento fluviale del primo ordine (?a = 0.52) e circa 2.76 per ogni km^2 (ga = 2.76), si può dedurre che il reticolo idrografico del bacino della Fiumara Tito-Picerno è nel complesso poco gerarchizzato.

Il *gradiente medio di pendio* (q) dei segmenti fluviali viene definito come rapporto tra il dislivello dei punti estremi del bacino e la lunghezza di ogni segmento fluviale (Horton, 1945); esso rende conto della velocità delle acque e dunque della competenza e la capacità di trasporto dei corsi. Il valore medio del gradiente di pendio è stato assunto in luogo dell'acclività media dei bacini esaminati. Il bacino di Tito-Picerno ha un gradiente medio di pendio pari a 13,9 % (Tab. 1). I valori del gradiente medio di pendio dei sottobacini oscillano tra un massimo di 44% per il sottobacino G_3, ad un minimo del 10%

per il sottobacino M_2 (Tab. 3). I valori più elevati si riscontrano nella parte alta del bacino, segnatamente nella zona di affioramento del Complesso calcareo-siliceo, mentre i valori più bassi si registrano nella parte media della valle, in corrispondenza della zona di affioramento del Complesso terrigeno.

È stato infine calcolato *l'indice di franosità* (j), inteso come rapporto percentuale tra l'area in frana e l'area totale di ciascun sottobacino (Tab. 3). I valori più bassi o nulli dell'indice si registrano per i sottobacini impostati sui terreni del Complesso calcareo-siliceo. Su quelli del Complesso terrigeno si misurano, invece, i valori più alti. Nell'insieme, le aree in frana caratterizzano regolarmente la sinistra orografica del bacino.

Sulla base di alcuni parametri geomorfici significativi (cfr. Ciccacci *et al.*, 1980), quali la densità di drenaggio (D) e la densità di anomalia gerarchica (ga), è stato calcolato il *deflusso torbido unitario medio annuo* (Tu), che esprime la quantità di materiale trasportato in sospensione per unità di superficie (t/km^2) del bacino, che per climi umidi può arrivare al 90% circa del carico solido di un corso d'acqua (Strahler, 1957). Il trasporto torbido unitario medio annuo per l'intero bacino della Fiumara di Tito-Picerno è pari ad un valore compreso tra 268.6 t/km^2 (Tu calcolato sull'intera area) e 302.5 t/km^2 (media della sommatoria dei Tu computati per ogni sottobacino), intervallo che tuttavia risulta essere molto più ampio per i singoli sottobacini, soprattutto in funzione del diverso grado di erodibilità dei terreni (Tab. 3).

Tassi di erosione e di sollevamento

Il valore del trasporto torbido (Tu) calcolato sulla base dell'analisi geomorfica quantitativa esprime in maniera indiretta l'entità dei processi di erosione lineare in atto nel bacino di drenaggio o che hanno caratterizzato l'area nel recente passato geologico, ammettendo in tal caso una certa omogeneità nel comportamento del sistema morfoclimatico nel medio e lungo termine. In aggiunta, all'interno di ogni sottobacino è stato calcolato un tasso di erosione medio maggiormente espandibile nel tempo, sulla scorta del computo dei volumi mancanti rispetto a differenti livelli di base dell'erosione. Il metodo adottato è di tipo grafico e consiste nel ricostruire, in base alle caratteristiche morfologiche dei versanti ed alla presenza delle diverse generazioni di superfici di erosione, le volumetrie erose in un dato intervallo temporale definito dalle età delle stesse superfici. Ogni sottobacino è stato suddiviso in parallelepipedi a base quadrata, di lato pari a un centimetro alla scala di 1:25.000, la cui altezza è data dalla differenza tra la quota della superficie erosionale di riferimento e quella media del punto topografico considerato. È stato così calcolato il volume di ogni elemento prismatico e della loro somma per ciascun sottobacino (Tab. 4). Il volume totale asportato dall'intero bacino si aggira intorno a 54,36 km^3. I valori medi del tasso di erosione ottenuti sia per un intervallo di tempo pari a 1.8 Ma che per un intervallo di 1.2 Ma, si aggirano intorno a 0.2 mm/a (Tab. 5), mostrando in tal modo una certa coerenza nel tempo. Le relazioni tra le volumetrie mancanti calcolate

Sottobacini	*Volume eroso (km^3)*	*Sottobacini*	*Volume eroso (km^3)*
A (V.ne di Caveta)	3,1	D2 (F.so dei Laghetti)	0,068
B (V.ne del Porcino)	4,5	E2	0,04
C (Torrente Prolla)	1,86	F2	0,005
D (Torrente Fiumaita)	1,16	G2	0,01
E (V.ne Radolena)	0,78	H2	0,06
F (F.so di Piano Marino)	1,33	I2	0,05
G (V.ne Nocella)	2,5	L2	0,002
H (Torrente Ontrato)	5,9	M2	0,013
I (F.so Acqua la Forra)	5,9	N2 (loc. Sorg. Pisciolo)	0,11
L (Canale Bruciato)	0,8	O2	0,0045
M (F.so della Mangosa)	0,95	P2	0,01
N (Torrente Noce)	4,08	Q2 (V.ne S. Leonardo)	0,22
A1 (V.ne di Caiella)	0,48	R2 (F.so Abbazia)	0,13
B1 (V.ne Molare)	0,44	S2 (F.so Serra Macine)	0,1
C1 (V.ne Prolla)	0,38	T2 (F.so Nardorusso)	0,08
D1 (V.ne Castellara)	0,38	A3 (V.ne di Merno)	0,2
E1 (F.so Maccarone)	0,41	B3 (F.so della Presa)	0,22
F1 (loc. Mambreda)	0,36	C3	0,46
G1 (F.so Bottalupo)	0,13	D3	0,016
H1 (F.so del Grutto)	0,15	E3	0,015
I1	0,08	F3 (F.so Varco)	0,027
L1 (F.so dei Martiri)	0,3	G3	0,026
M1 (loc. Piano Marella)	0,33	H3 (loc. F.te Pizzicarino)	0,11
A2	0,06	I3 (F.so di Riso)	0,026
B2	0,04	L3 (F.so Pocamata)	0,067
C2	0,013		

Tabella 4 - *Volumi erosi nei diversi sottobacini.*

con il metodo illustrato ed i valori del trasporto torbido unitario di alcuni sottobacini del IV ordine appaiono di tipo lineare e possono pertanto adeguatamente essere descritte – seppure in via preliminare e sperimentale – dalla seguente equazione:

$$\mathbf{Tu = KV + n}$$

dove **K** rappresenta il coefficiente angolare della retta ed **n** la sua intercetta sull'asse delle ordinate (Fig. 6). La pendenza della retta - cioè il valore di K - potrebbe in qualche modo dipendere dal grado di erodibilità dei terreni affioranti (a parità di area sottesa), poiché i bacini del IV ordine che mostrano una relazione lineare con i volumi erosi sono impostati in litologie simili (successioni del Complesso terrigeno). L'intercetta n rappresenta invece il valore della *soglia di funzionamento morfogenetico*, al di sotto della quale il trasporto torbido non rap-

Sottobacini	*Tasso di erosione medio annuo stimato in 1,2 Ma*
A (V.ne di Caveta)	0,34 mm/anno
B (V.ne del Porcino)	0,32 mm/anno
C (Torrente prolla)	0,2 mm/anno
D (Torrente Fiumaita)	0,21 mm/anno
E (V.ne Radolena)	0,17 mm/anno
G (V.ne Nocella)	0,27 mm/anno
L (Canale Bruciato)	0,13 mm/anno
M (F.so della Mangosa)	0,13 mm/anno
Sottobacini	*Tasso di erosione medio annuo stimato in 1,8 Ma*
F (F.so di Piano Marino)	0,21 mm/anno
H (Torrente Ontrato)	0,23 mm/anno
I (F.so Acqua la Forra)	0,3 mm/anno
N (Torrente Noce)	0,19 mm/anno

TABELLA 5 – *Tassi di erosione medi annui dei sottobacini di IV ordine.*

presenta un'aliquota significativa dell'erosione.

I tassi di sollevamento regionale e locale (cfr. England & Molnar, 1990, e Boenzi *et al.*, 2004) sono stati calcolati sulla base dell'analisi morfostrutturale e morfostratigrafica, secondo gli stilemi e la procedura illustrati da Schiattarella *et al.* (2003), utilizzando come *marker* le superfici erosionali e deposizionali (Tab. 6) individuate in planimetria sull'intera area del bacino e lungo il profilo riportato in Fig. 2. I valori del tasso di sollevamento regionale per intervalli temporali compresi tra 1.8 e 0.125 Ma variano tra 0.6 e 0.8 mm/a e mostrano un incremento lineare (Fig. 7), analogamente a quanto osservato nelle aree contigue

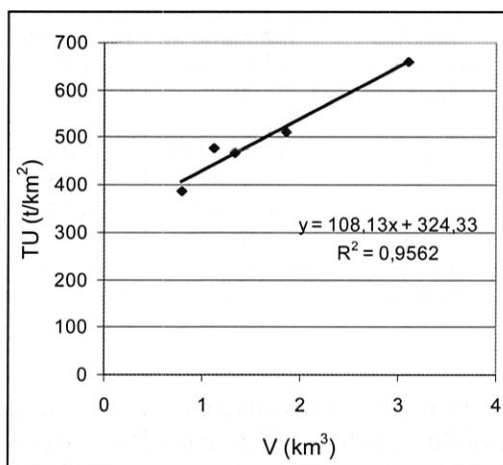



FIGURA 6 – *Diagramma mostrante la relazione tra il trasporto torbido unitario (Tu) e i volumi erosi (V) dei sottobacini di IV ordine A, C, D, E, F (cfr. Fig. 5).*

(Schiattarella *et al.*, 2003; Boenzi *et al.*, 2004), mentre le velocità dell'*uplift* locale risultano alquanto fluttuanti, evidentemente in virtù della storia deformativa delle faglie ad alto angolo alla scala del

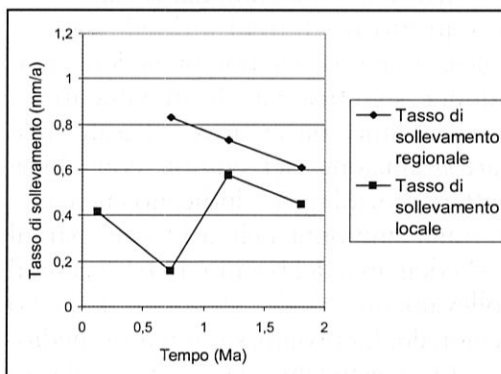
FIGURA 7 – *Variazione dei tassi di sollevamento locale e regionale durante gli ultimi 2 Ma, calcolati per il bacino della Fiumara di Tito e Picerno sulla base del profilo morfostratigrafico riportato in Fig. 2.*

Superfici erosionali e deposizionali	*Intervallo di elevazione (m)*	*Elevazione media (m)*	*Età (Ma)*	*Tasso di sollevamento locale (mm/a)*	*Tasso di sollevamento regionale (mm/a)*
S1	1150-1050	1100	1,8	0,45	0,61
S2	900-875	887,5	1,2	0,58	0,73
S3	625-600	612,5	0,73	0,16	0,83
S4	520-530	525	0,125	0,42	

TABELLA 6 – *Elevazione, età e tassi di sollevamento delle superfici sommitali e incastrate.*

bacino, che attribuiscono la massima mobilità tettonica all'area nel Pleistocene inferiore – e segnatamente durante il tardo Emiliano – con un picco che sfiora il valore di 0.6 mm/a (Fig. 7).

Il confronto tra i tassi di erosione e sollevamento suggerisce che, almeno nel lungo periodo, la velocità di smantellamento erosivo da parte dei corsi d'acqua non ha compensato quella di sollevamento, attestandosi i primi ad un terzo del valore dei secondi nell'arco dell'intero Quaternario. La zona assiale dell'Appennino lucano si configura dunque come un sistema in forte disequilibrio, destinato ad accomodare lo scarto tra i valori dei tassi di sollevamento ed erosione con un corredo di fenomenologie di sottrazione di volumi dai versanti che, soprattutto nei terreni a dominante argillosa, non possono non prevedere un'aliquota significativa di movimenti di massa. Stime conservative – basate sulla cartografazione dei cumuli con chiari *pattern* morfologici – indicano che l'area in frana ammonta a circa 15 km^2, pari al 10% dell'area del bacino. In ogni caso, il sollevamento locale, sommato a quello regionale, ha promosso in tempi medio- e suprapleistocenici la ripresa dell'erosione lineare, generando peraltro le diverse forme forratiche presenti nel bacino (per es. nei dintorni dell'abitato di Picerno), tipicamente associate a simili fenomenologie (cfr. p.es. Merrits & Vincent. 1989; Burbank *et al.*, 1996; Beneduce *et al.*, 2004; Boenzi *et al.*, 2004).

Conclusioni

La comparazione dei tassi dei processi erosivi con quelli relativi alla mobilità tettonica della zona assiale della catena permette di formulare due ipotesi di comportamento geomorfico della zona assiale della catena sud-appenninica, in risposta a diversi stati geodinamici. La stima delle velocità di erosione legata al deflusso superficiale è stata condotta tramite l'analisi geomorfica quantitativa di un bacino-campione, la valle della Fiumara di Tito e Picerno, e corroborata da calcoli delle volumetrie erose a partire da diversi livelli di base nel corso del Quaternario, riconosciuti sulla base della redazione di cartografia politematica. Il tasso di erosione medio annuo per l'intera area è risultato di circa 0.2 mm/anno, al pari di quanto ottenuto con pro-

cedure GIS da Amato *et al.* (2003) per un'ampia zona posta immediatamente a sud-est dell'area di studio.

Sulla base delle correlazioni tra superfici erosionali e deposizionali all'interno del bacino e tra queste ed elementi del paesaggio a scala regionale, è stato calcolato un tasso di sollevamento medio pari a 0.7 mm/anno per gli ultimi 2 Ma (Fig. 7), in buon accordo con quanto noto per le aree contigue e relativamente alla stessa forchetta temporale (Amato, 2000; Schiattarella *et al.*, 2003). La comparazione con la velocità di erosione suggerisce in prima analisi che il tasso di smantellamento erosivo da parte dei corsi d'acqua non ha compensato il tasso di sollevamento della zona assiale dell'Appennino lucano, che risulterebbe pertanto essere un sistema in forte disequilibrio all'interno del quale altri processi erosivi (franosità e movimenti lenti di versante) vengono necessariamente attivati. I tassi di *uplift* in aree vicine e relativi ad intervalli temporali più ristretti e recenti, cioè riferibili al Pleistocene superiore – Olocene, rivelano tuttavia tassi intorno a 0.2-0.3 mm/anno (Schiattarella *et al.*, 2003) - e dunque comparabili con quelli di erosione calcolati in questo lavoro. Questo testimonierebbe uno stato di equilibrio stazionario della catena (cfr. Willett & Brandon, 2002), dove la franosità viene concentrata in determinati periodi del recente passato geologico per motivi essenzialmente climatici ed è attivata in tempi storici anche per induzione sismica.

Bibliografia

AMATO A. (2000), *Estimating Pleistocene Tectonic Uplift Rates in the Southeastern Apennines (Italy) from Erosional Land Surfaces and Marine Terraces*, iIn: Slaymaker, O (ed.), «Geomorphology, Human Activity and Global Environmental Change». Wiley, 67-87.

AMATO A., AUCELLI P.P.C. & CINQUE A. (2003), *The long-term denudation rate in the Southern Apennines Chain (Italy): a GIS-aided estimation of the rock volumes eroded since middle Pleistocene time*, Quaternary International, 101-102, 3-11.

AMATO A. & CINQUE A. (1999), *Erosional land-surfaces of the Campano-Lucano Apennines (S. Italy): genesis, evolution, and tectonic implication*, Tectonophysics, 315, 251-267.

AMATO A., CINQUE A., SANTANGELO N. (1995), *Il controllo della struttura e della tettonica plio-quaternaria sull'evoluzione del reticolo idrografico dell'Appennino meridionale*, Studi Geologici Camerti, vol. spec. 1995/2, 23-30.

ASCIONE A. & ROMANO P. (1999), *Vertical movements on the eastern margin of the Tyrrhenian extensional basin. New data from Mt. Bulgheria (Southern Apennines, Italy)*, Tectonophysics, 315, 337-356.

AVENA G.C., GIULIANO G. & LUPIA PALMIERI E. (1967), *Sulla valutazione quantitativa della gerarchizzazione ed evoluzione dei reticoli fluviali*, Boll. Soc. Geol. It., 86, 781-796.

AVENA G.C. & LUPIA PALMIERI E. (1969), *Analisi geomorfica quantitativa in «Idrogeologia dell'Alto bacino del Liri (Appennino Centrale)»*. Geol. Rom., 8, 319-378.

BARTOLINI C. (1980), *Su alcune superfici sommitali dell'Appennino Settentrionale (Provincie di Lucca e Pistoia)*, Geogr. Fis. Din. Quat., 3, 42-60.

BENEDUCE P., FESTA V., FRANCIOSO R., M. SCHIATTARELLA M. & TROPEANO M. (2004), *Conflicting Drainage Patterns in the Matera Horst Area, Southern Italy*, Physics and Chemistry of the Earth, 29, 717-724

BOENZI F., CAPOLONGO D., CECARO G., D'ANDREA E., GIANO S.I., LAZZARI M. & SCHIATTARELLA M. (2004), *Evoluzione geomorfologica polifasica e tassi di sollevamento del bordo sud-occidentale dell'alta Val d'Agri (Appennino meridionale)*, Boll. Soc. Geol. It., 123, in stampa.

BOSI C. (2002), *L'interpretazione delle superfici relitte nell'Appennino centrale: il caso della zona di Colfiorito (prov. Perugia e Macerata)*, Il Quaternario, 15, 69-82.

BRANCACCIO L., CINQUE A., ROMANO P., ROSSKOPF C., RUSSO F., SANTANGELO N. & SANTO A. (1991), *Geomorphology and neotectonic evolution of a sector of the Tyrrhenian flank of Southern Apennines (Region of Naples, Italy)*, Zeisch. Geomorph. N.F., Suppl-Bd. 82, 47-58.

BURBANK D.W., LELAND J., FIELDING E., ANDERSON R.S., BROZOVIC N., REID M.R. & DUNCAN C. (1996), *Bedrock incision, rock uplift and threshold hillslopes in the northwestern Himalaya*, Nature, 379, 505-510.

CASAS-SAINZ A.M. & CORTÉS-GARCIA A.L. (2002), *Cenozoic landscape development within the Central Iberian Chain, Spain*, Geomorphology, 44, 19-46.

CASTELLANO M.C. & SGROSSO I. (1996), *Età e significato dei depositi miocenici della Formazione di M. Sierio e possibile evoluzione cinematica dell'Unità Monti della Maddalena nell'Appennino campano-lucano*, Mem. Soc. Geol. It., 51, 239-249.

CICCACCI S., FREDI P., LUPIA PALMIERI E. & PUGLIESE F. (1980), *Contributo dell'analisi geomorfica quantitativa alla valutazione dell'entità dell'erosione nei bacini fluviali*, Boll. Soc. Geol. It., 99, 455-516.

CINQUE A. (1992), *Distribuzione spazio-temporale dei movimenti tettonici verticali nell'Appennino Campano-Lucano: alcune riflessioni*, Studi Geologici Camerti, vol. spec. 1992/1, 33-38.

COLTORTI M. & PIERUCCINI P. (2000), *A late Lower Pliocene planation surface across the Italian Peninsula: a key tool in neotectonic studies*, Journal of Geodynamics, 29, 323-328.

ENGLAND P. & MOLNAR P. (1990), *Surface uplift, uplift of rocks, and exhumation of rocks*, Geology, 18, 1173-1177.

FIRPO M. & SPAGNOLO M. (2001), *Morphometric analysis of Sansobbia River Basin (Liguria, Italia) and tectonic implications*, Geogr. Fis. Dinam. Quat., 24, 57-63.

HORTON R. E. (1945), *Erosional developement of streams and their drainage basins: idrophysical approach to quantitative morphology*, Geol. Soc. Am. Bull, 56, 275-370.

KENNAN L., LAMB S.H. & HOKE L. (1997), *High-altitude palaeosurfaces in the Bolivian Andes: evidence for late Cenozoic surface uplift*, In: Widdowson M. (ed.), "Palaeosurfaces: Recognition, Reconstruction and Palaeoenvironmental Interpretation. Geological Society, London, spec. publ., 120, 307-323.

LUPIA PALMIERI E., CICCACI S., CIVITELLI G., CORDA L., D'ALESSANDRO L., DEL MONTE M., FREDI P. & PUGLIESE F. (1995), *Geomorfologia quantitativa e morfodinamica del territorio abruzzese: I – Il bacino idrografico del Fiume Sinello*, Geogr. Fis. Dinam. Quat., 18, 31-46.

MERRITS D.J. & VINCENT K.R. (1989), *Geomorphic response of coastal streams to low, intermediate, and high rates of uplift, Mendocino triple junction region, northern California,* Journal of Geophysical Research, 99, 14031-14050.

ORTOLANI F., PAGLIUCA S., PEPE E., SCHIATTARELLA M. & TOCCACELI R.M. (1992), *Active tectonics in the Southern Apennines: Relationships between cover geometries and basement structure. A hypothesis for a geodynamic model*, IGCP N° 276, Newsletter, 5, 413- 419.

PESCATORE T., RENDA P., SCHIATTARELLA M. & TRAMUTOLI M. (1999), *Stratigraphic and structural relationships between Meso-Cenozoic Lagonegro basin and coeval carbonate platforms in southern Apennines, Italy*, Tectonophysics, 315, 269-286.

RUSSO F. & SCHIATTARELLA M. (1992), *Osservazioni preliminari sull'evoluzione morfostrutturale del bacino di Castrovillari (Calabria settentrionale)*, Studi Geol.

Camerti, vol. spec. 1992/1, 271-278.

SCHIATTARELLA M. (1998), *Quaternary tectonics of the Pollino Ridge, Calabria-Lucania boundary, southern Italy*, In: Holdsworth, R.E., Strachan, R.A. and Dewey, J.F. (eds), «Continental Transpressional and Transtensional Tectonics». Geological Society, London, Spec. Publ., 135, 341-354.

SCHIATTARELLA M., DI LEO P., BENEDUCE P. & GIANO S.I. (2003), *Quaternary uplift vs tectonic loading: a case-study from the Lucanian Apennine, southern Italy*, Quaternary International, 101-102, 239-251.

STRAHLER A.N. (1957), *Quantitative analysis of watershed geomorphology*, Trans. Am. Geoph. Un., 38, 913-920.

WATCHMAN A.L. & TWIDALE C.R. (2002), *Relative and 'absolute' dating of land surfaces*, Earth-Science Reviews, 58, 1-49.

WESTAWAY R. (1993), *Quaternary Uplift of Southern Italy*, Journal of Geophysical Research, 98, 21741-21772.

WIDDOWSON M. (1997), *The geomorphological and geological importance of palaeosurfaces*, In: Widdowson M. (ed.), "Palaeosurfaces: Recognition, Reconstruction and Palaeoenvironmental Interpretation. Geological Society, London, spec. publ., 120, 1-12.

WILLETT S.D. & BRANDON M.T. (2002). *On steady states in mountain belts*. Geology, 30, 175-178.

Bollettino dell'A.I.C., n. 121-122 / 2004

LE ESTENSIONI ECONOMICO-INFRASTRUTTURALI SUGLI SPAZI MARINI

THE ECONOMIC-INFRASTRUCTURAL EXTENSIONS ON THE SEA

Riccardo Friolo (*)

(*) S.S.I.S.S. dell'Università degli Studi di Trieste.

Riassunto

Documenti storici, carte antiche, foto aeree, carte nautiche e dati statistico-economici sono stati utilizzati per ricostruire le operazioni di bonifica ed interramento necessarie per lo sviluppo dei moderni scali portuali di rilevanza internazionale. Quattro esempi significativi sostengono la rassegna geografica.

Abstract

Hystorical documents, ancient records, aerial photos, nautical maps and economic-statistical data have been utilized in order to reconstruct the reclaimed and soil improvement areas related to the development of the modern ports. Four case histories, Panama, Singapore, Hong Kong and Macao, have been taken into account.

La «produzione« di nuovi suoli sottratti al mare costituisce un meccanismo idraulico-ingegneristico di intensa applicazione nei centri funzionali dell' economia mondiale, con particolare riferimento a quegli scali portuali che, in virtù della loro posizione geografica, uniscono all' attivismo mercantile ed industriale le prerogative strategiche di passaggi obbligati del traffico marittimo internazionale e di poli privilegiati della concentrazione monetario-finanziaria. In questo modo il rimodellamento spinto dei profili litorali acquisisce valenza semantica pregnante nella misura in cui offre una chiave di lettura delle dinamiche di trasformazione territoriale e socio-politica applicate a scala locale-infrastrutturale, ma reiterate sugli scenari mondiali con una ampia gamma di destinazioni d' uso.

La variegata casistica riconduce ad una rassegna geografica includente situazioni significative sotto il profilo storico-economico in rapporto alle valenze

nodali dei siti nel contesto delle relazioni mercatili e politiche a scala globale. Emergono in tal modo quattro localizzazioni di tutto rilievo: Panama, con gli adattamenti strutturali delle baie dell' istmo; i nuovi spazi operativi dello scalo di Singapore; le fronti di ristrutturazione costiera ad Hong Kong; le espansioni sul mare di Macao.

L'intensità spinta dei processi di adattamento spazio-funzionale si avverte già con i lavori di costruzione del Canale di Panama nella congiuntura critica del 1906, quando i quadri tecnici statunitensi ed il Congresso si risolsero in favore della soluzione basata sulla fondazione di un complesso sistema di chiuse[1]. Nei confronti del progetto iniziale incentrato su un percorso lanciato a livello del mare, il canale esteso in quota introdusse un notevole risparmio nei lavori di escavazione, che vennero limitati alla catena montuosa centrale. Gli impressionanti volumi dei materiali di sterro trovavano varie forme d' impiego sulla costa dove vennero distesi frangiflutti a difesa delle infrastrutture portuali, mentre nuove opportunità di sviluppo urbano-insediativo derivavano dalle aree di interramento sull'Oceano Pacifico, alcune destinate ad usi residenziali civili, altre riservate per le esigenze militari della sorveglianza.

Il processo verrà a maturare una visibilità piena e pervasiva all' interno degli spazi economici della città-stato di Singapore, subentrata all' antica stazione commerciale posta sullo Stretto di Malacca[2] e precocemente conquistata dai portoghesi nel 1511 (MASETTI, 2001, p. 75). Sotto l' amministrazione britannica la «*città del leone*» si erge quale caposaldo fortificato dell' impero coloniale, a maturare la storica prerogativa di crocevia delle rotte internazionali[3].

Il ruolo attuale dello scalo, propiziato dalla favorevolissima localizzazione, si riconduce alla basilare movimentazione delle merci in transito, con la concentrazione-inoltro delle materie prime del Sud

[1] La ricostruzione delle fasi culminanti della stesura dell' idrovia è fornita dal sito telematico www.pancanal.com curato ed aggiornato dalla *Autoridad del Canal de Panamá*. Vedasi in modo particolare il capitolo «*The American Canal Construction*».

[2] La percezione europea dei mari dell' Estremo Oriente comincia a delinearsi nel corso del XVI° secolo in seguito alla prima frequentazione lusitana dei lontani domini produttori dei carichi di spezie. Nella carta dell'«*Oltre Suez*» secondo Battista Agnese (1553), contenuta nell' atlante manoscritto conservato al Museo Civico Correr di Venezia, gli interscambi attivati nel braccio di mare che mette in comunicazione il Golfo del Bengala con il Mar Cinese Meridionale sono sottintesi dalla presenza della *MALACHA CIVITAS,* attestata in fondo alla penisola dell' *AUREA CHERSONESUS,* di tolemaica memoria, ad Oriente della *TAPROBANA INSULA NUNC SAMATRA*. La derivazione della carta dai tipi portoghesi risulta confermata dalla minuziosa annotazione di isole, isolotti, secche e bassofondi sabbiosi costituenti di volta in volta appoggio o minaccia per la navigazione (BATTISTI, 1995).

[3] Fra gli altri, l' interesse francese per la navigazione all' interno dello stretto passaggio di mare è documentato dal *Plan Particulier du Détroit de Malaca / Avec une partie de la Coste du ouest de Sumatra / jusqu'à la Ligne Equinoctiale*, inserito all' interno del *Neptune Oriental* (1745) che annota in dettaglio direzioni, morfologia costiera ed andamento del fondale (PRESCIUTTINI, 2000, p. 64, scheda 50) come appoggio tecnico attraverso le strategiche, ma pericolose acque.

Est asiatico e l'ingresso dei prodotti europei diretti in Estremo Oriente. L'avanmare di Singapore assume una dimensione di portata mondiale vincolata al Canale di Suez, con due fondamentali diramazioni: verso l'Europa ed il Nordamerica ad Occidente; in direzione delle zone economiche speciali cinesi, della Corea e del colosso industriale giapponese verso Levante. In altri termini il sistema spaziale di gravitazione sul porto di Singapore assume una triplice dimensione operativa a livello regionale, continentale e mondiale, confermandone il ruolo di attivo ganglio promotore di estesi processi di integrazione economica.

All'interno di queste connessioni spazio-reticolari, il movimento marittimo ha conosciuto sostenuti ritmi di crescita nel corso del Novecento, passando dai 25-35 milioni annuali di tonnellate di stazza della fine degli anni '40 (AA.VV., *Enciclopedia Italiana...*, 1951, XXI, p. 845) ad un totale di 910.180.000 per la fine del secolo, con riferimento alla varietà delle diverse tipologie di natanti in transito: carghi convenzionali, porta-container, cabotiere, portarinfuse, petroliere, traghetti e navi passeggeri, chiatte e rimorchiatori, per un numero complessivo di 145.383 unità. Queste cifre indicano come dal 1986 il porto di Singapore detenga il primato mondiale quanto a tonnellaggio navale, fregiandosi del titolo di «*World Busiest Port*». Anche il traffico commerciale ha toccato livelli da primato alla conclusione del 2000 con una cifra di 325.591.100 tonnellate complessive, dove una netta prevalenza resta detenuta dalla movimentazione dei *container* e del greggio[4].

I crescenti livelli delle prestazioni di manovra dello scalo hanno avuto un profondo impatto sulla geografia dell' isola, definito sia dall' ammodernamento degli impianti, sia dall' imperiosa necessità di ricercare sul mare gli spazi richiesti per sostenere ulteriori sviluppi operativi.

Il complesso delle attività destinate a potenziare l' efficienza delle infrastrutture e che introduce al contempo incisive trasformazioni morfologiche del comprensorio portuale, si presenta oltremodo variegato nel comprendere: prospezioni geotecniche per la stabilizzazione dei suoli; lavori di dragaggio; installazione di opere ausiliarie per la navigazione; realizzazione di frangiflutti ed altre fon-

[4] Le statistiche economico-mercantili dettagliate per l' ex scalo malese, con particolare riferimento ai flussi in transito, alla loro composizione merceologica ed alla consistenza numerica, sono fornite dal sito internet www.mpa.gov.sg gestito dalla *Maritime and Port Authority of Singapore (460 Alexandra Road, PSA Building, Singapore).*

Nel 2001 il movimento navale e la tipologia di naviglio confermavano la presenza caratterizzante dei vettori specializzati per i carichi modulari e delle navi-cisterna, mentre una voce significativa all' interno del quadro geografico locale fra penisola malese e l'Insulindia veniva dai traghetti regionali. Il numero complessivo e la stazza lorda delle unità si portavano a 146.265 unità e 960.093.000 tonnellate. Nella categoria dei carichi generali continuavano a prevalere largamente gli imballaggi standardizzati rispetto a quelli convenzionali (rispettivamente 171.208.600 tonnellate contro 14.867.100), mentre fra le rinfuse sempre dominanti apparivano quelle liquide rispetto a tutte le altre (rispettivamente 113.759.100 tonnellate contro 13.652.200).

dazioni a carattere difensivo; costruzione di ancoraggi, moli e nuovi accosti operativi; interventi di bonifica e interramento con ampia produzione di *Reclamation and soil improvement areas.*

Tutto questo continuo lavorìo di manutenzione e sviluppo degli spazi tecnici implica un aggiornamento costante della cartografia nautica, al fine di evidenziare le nuove dotazioni di terreno solido disponibili per l'impiantistica e le infrastrutture. I principali settori geografici d'avanzata sugli spazi marini delimitanti l'isola si susseguono lungo il margine costiero in una serie di quadranti disposti a partire da Nord, dove si collocano lo stretto di Johor, al confine con la Malesia, ed il Canale di Nanas, suo naturale prolungamento. In senso orario nella sezione orientale fa seguito il vasto comprensorio del moderno aeroporto di Changi, interamente strappato al mare; sulla fronte meridionale e Sud-occidentale si scandiscono poi le installazioni industriali e dello scalo portuale con i vari *terminal* adibiti alla movimentazione dei carichi ed individuabili in base alla classica geometria a pettine legata alla successione di moli d' attracco, piattaforme di stoccaggio e bacini intermedi[5].

Nella fase più recente i grandi progetti di bonifica si sono concentrati a Sud Ovest nello Stretto di Jurong, con tutta una serie di espansioni poligonali completate nel 1997, 1998 e 1999 rispettivamente. Le moderne dilatazioni a proiezione marina, in fase di continua crescita ed ampliamento, finiscono quindi con l'incidere sulla organizzazione territoriale complessiva delle funzioni urbane della «*città del leone*», immagine viva e simbolo rampante allo stesso tempo delle dinamiche economiche di portata globale.

A sua volta l'ex enclave coloniale britannica di Hong Kong, assurta il 1 luglio 1997 al rango di Regione Amministrativa Speciale direttamente ricondotta all'autorità del governo centrale di Pechino, indica chiaramente come spazi ristretti possano essere intensamente occupati, trasformati e piegati alle esigenze di quei processi urbano-insediativi e mercantili-produttivi che si intensificano nel potenziamento di un motore finanziario dal quale dipende in larga misura lo sviluppo delle zone economiche speciali dispiegate lungo gli estesi litorali cinesi con crescente impiego delle tecnologie di punta (GAO, 2000).

La scarsità di spazi disponibili entro i limiti della «città-regione», ha quindi reso pressante il «recupero» di nuove terre, in modo tale da potenziare il ruolo della fronte costiera dove viene a realiz-

[5] Le modificazioni territoriali intercorse nel ristretto dominio areale della città-stato sono desumibili dal confronto dei documenti cartografici di diversa datazione. Per una scansione cronologica a cavaliere della transizione di fine secolo-millennio, vedasi AA.VV., *Singapore Island & City Map. Scales 1:55.000; 1:12.500*, Singapore, Periplus Editions, 1993; ed ancora la carta nautica AA.VV., *Mariners' Routeing Guide, Malacca and Singapore Straits*, Taunton-United Kingdom, Crown Copyright, 2001, pubblicata a cura degli uffici idrografici del Regno Unito, Indonesia, Malaysia e Singapore ed arricchita dalle caratteristiche mareografiche della via d'acqua dello stretto, dalle infrastrutture di cui è dotata e dalle misure di sicurezza adottate in appoggio al traffico navale.

zarsi la variegata concentrazione delle iniziative di grande progettualità[6].

Ben al di là della soluzione tecnica della vecchia pista di decollo/atterraggio, protesa sull'acqua al margine meridionale della penisola di Kowloon, emerge fra le diverse realizzazioni il nuovo scalo aeroportuale di Chek Lap Kok, interamente insediato su un'isola di genesi artificiale a costituire un esempio di rilevanza internazionale fra le aree di nuova definizione morfologico-strutturale[7].

Sugli specchi d'acqua prospicienti la costa settentrionale dell'isola di Hong Kong sono state poi fondate le principali stazioni marittime per i collegamenti tramite traghetto. Infine sulla fronte occidentale della penisola di Kowloon il paesaggio portuale dispiega diffuse spezzate di articolazione costiera protese verso il largo a delimitare le piattaforme attrezzate per lo smistamento e stoccaggio dei *container* (SURVEY AND MAPPING OFFICE LANDS DEPARTMENT, 1996, p. 7).

L'intensa opera di riorganizzazione funzionale degli spazi litorali ha quindi introdotto profonde modificazioni della linea rivierasca di conformazione naturale, riplasmata in termini di blocchi e salienti regolari di immediata individuazione topocartografica (ID, p. 108).

L'effervescenza del ritmo assunto dalle attività cantieristiche è diretta conseguenza della vitalità dello scalo portuale, desumibile dai livelli raggiunti dal movimento marittimo, dal traffico commerciale e dalla varietà delle voci merceologiche interessate, a piena conferma del rango polifunzionale maturato e della posizione nodale-strategica assunta nell' ambito delle correnti mercantili internazionali e dei flussi d'ingresso nel vasto retroterra continentale cinese[8].

Anche nello stabilimento portoghese di Macao, mantenutosi tale sino alla restituzione ufficiale alla Repubblica Popolare Cinese del 20 dicembre 1999, la distribuzione di quadrilateri di recente impianto sull' acqua ha configurato l'attivazione di un ampliamento territoriale

[6] Per la definizione degli spazi urbano-funzionali di Hong Kong in rapporto alle attività produttive e mercantili dello scalo marittimo, cfr. SURVEY AND MAPPING OFFICE LANDS DEPARTMENT, 1996, comprendente una raccolta di carte topografiche in scala 1: 100.000 e di piani alla scala 1:10.000 a coprire il «*Whole Territory*»: l'isola di Hong Kong, la penisola di Kowloon e l'estensione delle *New Towns* verso l'interno.

Particolare evidenza viene assunta dal meccanismo di produzione dei nuovi suoli sottratti al mare (*Reclaimed Areas*) nelle sezioni del profilo costiero dove più intensa risulta l'attività di sviluppo delle opere infrastrutturali rivolte al potenziamento degli impianti portuali.

[7] Un precedente immediato rimane costituito dall' aeroporto di Osaka, completato nel 1994 su un' isola «*costruita sul mare... riempiendo un fondale di 18 metri con 150 milioni di metri cubi di terra*» (AA.VV., *Enciclopedia...*, 1995, p. 453).

[8] L' anno 2001 vedeva lo scalo al primo posto nel mondo per il volume dei *container* smistati, con un valore pari a 17,8 milioni di T.E.U.s. Il numero di vascelli oceanici in entrata/uscita toccava le 37.350 unità, con un leggero calo numerico, ma con un aumento del tonnellaggio pari al 13,1% rispetto l' anno precedente. Per le statistiche portuali fornite dal *Marine Department* dell'*Hong Kong Port,* vedasi il sito telematico www.info.gov.hk gestito dalle autorità dell'*Hong Kong Special Administrative Region*.

[9] Sopralluogo del dicembre 1996, con accesso in zona facilitato dalle ottime condizioni di percorrenza offerte dalla moderna viabilità.

che fronteggia una acuta insufficienza di ambiti economici e residenziali ingenerata già dalle angustie dello spazio geopolitico coloniale.

La distribuzione, la frequenza e l'estensione degli innesti funzionali *in ipso litore* sono state tali da deformare del tutto l'originale perimetro morfologico della penisola di Macao, coinvolgendo le isole di Taipa e Coloane e spingendo in mare aperto la piattaforma del nuovo scalo aereo internazionale[9].

La rilevanza spaziale della complessa fenomenologia impiantistica si è in definitiva tradotta nella compilazione di una nuova «cartografia delle acque», dove l'esibizione estesa di superfici completamente appiattite e livellate dimostra tutta la capacità tecnico-ingegneristica moderna di introdurre profonde ed irreversibili trasformazioni nell'interfaccia terra-mare.

Bibliografia

AUTORIDAD DEL CANAL DE PANAMÀ, *Historia del Canal de Panamá. Logros de los Franceses y Americanos en la Construcción*, Città del Panamá, Centro de Recursos Técnicos y División de Comunicación Corporativa, 2001.

AA.VV., *Enciclopedia Italiana di Scienze, Lettere ed Arti,* Roma, Istituto della Enciclopedia Italiana fondato da G. Treccani, 1951.

AA.VV., *Singapore. Storia, vita folclore, turismo*, Firenze, Valmartina Editore, 1980, 44 pp.

AA.VV., *Enciclopedia Geografica Garzanti*, Milano, Garzanti Editore S.p.A., 1995, 1377 pp., 35 tavv.

G. BATTISTI (a cura di), «"L' oltre Suez" secondo Battista Agnese». *Geografia nelle Scuole* , XL, (1995), 2 , Inserto didattico-Strumenti: 2.

Z. GAO, «The Development of China' s New and High Technology Industry Zones». *World Economy & China* , Vol. VIII°, (2000), 6 , pp. 36-40.

C. MASETTI, «La percezione e rappresentazione della penisola di Malacca nelle relazioni di viaggio e nella cartografia del primo Cinquecento». *Geostorie. Bollettino e notiziario del Centro Italiano per gli studi storico-geografici*, IX, (2001), nn. 1-2 , pp. 71 - 96.

P. PRESCIUTTINI, *Coste del Mondo nella cartografia europea: 1500-1900,* Ivrea, Priuli & Verlacca editori, 2000, 180 pp., 216 schede.

SURVEY AND MAPPING OFFICE LANDS DEPARTMENT, *Hong Kong Guide. Streets and Places*, Hong Kong, Government Printer, 1996, 246 pp.

RAPPRESENTAZIONE GERARCHIZZATA IN FORMA DIGITALE DELLA RETE IDRICA DI SUPERFICIE COME PRELIMINARE ALLA VALUTAZIONE QUALI-QUANTITATIVA DEL SISTEMA IRRIGUO NEI TERRITORI RIVIERASCHI IL FIUME PO

PO RIVERINE TERRITORY WITHIN THE PARMA PROVINCE: A DIGITAL HIERARCHIZED REPRESENTATION OF THE HYDROGRAPHIC NETWORK AS PRELIMINARY TO AN EVALUATION OF THE IRRIGATION SYSTEM

Monica Amatucci (*), **Samantha Lorito** (*), **Gilmo Vianello** (*)

(*) Università degli Studi di Bologna.

Riassunto

Il presente lavoro si è posto come obiettivi il censimento e la catalogazione informatica, attraverso i Sistemi Informativi Geografici, dei principali corsi d'acqua, naturali e artificiali, compresi nei limiti amministrativi dei Comuni di Polesine Parmense, Zibello, Sissa, Roccabianca, Colorno, tutti in provincia di Parma e confinanti con il fiume Po, utilizzando come base cartografica le sezioni della Carta Tecnica Regionale dell'Emilia Romagna alla scala 1:10000. I corsi d'acqua cartografati sono stati inizialmente classificati secondo la loro tipologia e le loro dimensioni direttamente sulla base cartografica e poi georeferenziati e acquisiti informaticamente attraverso il gis, in modo da realizzare, accanto al prodotto cartografico, un database georeferenziato, in cui ad ogni rigo corrisponde un elemento idrico rappresentato. Il database è stato poi ampliato aggiungendo, per ogni corso d'acqua, il relativo toponimo, la lunghezza e l'appartenenza amministrativa.

Parole chiave: GIS, rete idrica superficiale, georeferenziazione

Abstract

The present paper refers to a work aimed at building -through GIS techniques- a georeferenced database of the main water courses, both natural and artificial, of the communes of Polesine Parmense, Zibello, Sissa, Roccabianca, and Colorno, all included in the territory of the Parma province. The topographic base used is the Technical Map at scale 1:10000 of the Emilia-Romagna region.
To reach the point, first of all the mapped water courses have been classified, according to their tipology and dimension, then they have been georeferenced and stored into a gis.

1. Premessa

La qualità delle acque superficiali costituisce da sempre un serio problema per le Amministrazioni Locali, che hanno il dovere di garantire ai cittadini condizioni igienico-sanitarie tali da rendere abitabile un determinato territorio, inoltre, l'inquinamento della rete idrica superficiale, naturale ed artificiale, si riflette non solo sulla qualità della vita delle popolazioni autoctone, ma anche, soprattutto in territori dediti all'agricoltura, sulla qualità dei prodotti coltivati.

L'agricoltura, come anche le industrie zootecniche, possono essere considerate allo stesso tempo vittime e carnefici di questo tipo di inquinamento, in quanto esse sono tra i principali responsabili del degrado idrico sia superficiale sia della falda freatica, a causa dell'uso-abuso di prodotti chimici nocivi quali diserbanti, concimi, fitofarmaci, mentre per le industrie zootecniche la principale fonte d'inquinamento è costituita dallo smaltimento dei liquami, che non sempre viene fatto nei luoghi più opportuni e con i mezzi più idonei. La cattiva qualità delle acque si riflette allo stesso tempo sia sulla bontà dei prodotti agricoli, visto che si tratta di acque utilizzate anche per l'irrigazione, sia sui prodotti di origine animale, che utilizzano anch'essi la risorsa acqua, prelevandola dai medesimi bacini idrici. Tutto ciò contribuisce a rendere difficile la gestione del territorio da parte degli Enti preposti ed aumenta il rischio di alterare in modo irreversibile l'ambiente.

Il primo passo da compiere per una corretta politica territoriale consiste nel sensibilizzare le aziende verso una regolamentazione dello smaltimento dei rifiuti e dell'uso di prodotti chimici nocivi, spesso utilizzati in eccesso. Ciò, però, non basta a garantire la salvaguardia dell'ambiente e risulta necessario da parte delle Amministrazioni Locali svolgere attività di controllo e di tutela del territorio, al fine di conoscere lo stato dei luoghi e di monitorare soprattutto le zone più a rischio, in modo da proteggere le risorse idriche dalle eventuali fonti di inquinamento antropiche e produttive.

Pertanto è indispensabile che la gestione di un territorio parta dalla sua conoscenza e, oggi, i Sistemi Informativi Geografici offrono la possibilità di organizzare i dati territoriali in modo coerente all'interno di una banca dati georeferenziata, che consente di elaborare i dati in essa contenuti in modo da produrre nuove conoscenze, desumendole da quelle presenti e di estrarre all'occorrenza le informazioni necessarie, sempre aggiornabili e fruibili sia in formato alfanumerico, attraverso la visualizzazione o la stampa di tabelle contenenti dati numerici e informativi relativi alle singole entità geografiche, sia in formato grafico, attraverso il plottaggio di cartografie ad hoc, contenenti i tematismi scelti opportunamente in base agli studi da portare a termine, il tutto sempre confrontabile con dati provenienti da altre fonti, purché georeferenziati. Inoltre, una banca dati territoriale, realizzata mediante un Sistema Informativo Geografico, si presta ad essere utilizzata anche per altri studi e ricerche non solo a scopo ecologico-ambientale, ma anche urbanistico ed economico, costituendo un valido

supporto in fase di progettazione.

La finalità del progetto che si vuole illustrare è quella di fornire agli Enti preposti al controllo, ovvero gli Assessorati della Provincia, gli Uffici tecnici dei Comuni presi in analisi e gli uffici dell'ARPA, uno strumento operativo in grado di supportare informazioni georeferenziate di diversa origine contribuendo all'implementazione delle banche dati già in essere.

2. Strumenti e metodologia d'indagine

Per la realizzazione degli obiettivi che il progetto si è posto, sono stati utilizzati i seguenti strumenti:

– *strumentazione informatica:*

Per l'acquisizione, l'elaborazione e la restituzione dei dati sono stati utilizzati:

- Personal Computer Pentium4 2.8 GHz - 512M RAM,
- tavolo digitalizzazione A0 CALCOMP 9500
- plotter HP DESIGNJET 750C

I software per le elaborazioni sono stati:

- AUTOCAD VER.14 E AUTOCAD 2000,
- GIS ARCCAD VER14 - ESRI ITALIA
- ARCVIEW GIS VER.3.2A

– *basi cartografiche:*

Le basi cartografiche utilizzate come riferimento sono state:

Carta Tecnica Regionale dell'Emilia Romagna alla scala 1:10000;

Carta Tecnica Regionale dell'Emilia Romagna in formato raster

Il risultato cartografico a cui si è pervenuti è stata la "Carta della rete idrica superficiale dei comuni di Colorno, Polesine Parmense, Roccabianca, Sissa, Zibello (PR)", stampata in scala 1:30.000, la cui metodologia di realizzazione è illustrata di seguito.

La "Carta della rete idrica superficiale dei Comuni di Colorno, Polesine Parmense, Roccabianca, Sissa e Zibello (PR)" è stata costruita a partire dalla Carta Tecnica Regionale dell'Emilia Romagna, in scala 1:10.000 in formato cartaceo. La prima analisi è stata svolta direttamente sulle basi cartografiche, evidenziando i principali elementi idrici e classificandoli in base alla loro natura, al loro ruolo e alla loro dimensione in:

fiumi	allaccianti
torrenti	fossi
canali	fossette
canaletti	collettori
cavi	scoli
dugare	scoline

I corsi d'acqua sono stati ulteriormente suddivisi in funzione della loro ampiezza e, quindi, considerati come elementi poligonali oppure lineari, in base alla distanza intercorrente tra le due sponde: al di sopra dei 10 metri lineari, i corsi d'acqua sono stati cartografati come entità poligonali, mentre al di sotto dei 10 metri, sono stati cartografati come elementi lineari.

Dopo aver preparato le basi cartografiche, si è passati all'acquisizione informatica mediante le seguenti fasi di elaborazione:

1. *georeferenziazione* delle singole sezioni, attribuendo ai quattro vertici di ogni carta le coordinate reali UTM. La georeferenziazione costituisce il

FIGURA 1 – *Inquadramento geografico dell'area indagine.*

primo step operativo, in quanto consente di imporre al sistema le coordinate che si preferiscono, in questo caso UTM, pertanto tutti i prodotti grafici realizzati successivamente a tale operazione sono collocati idealmente in un piano cartesiano XOY, in cui l'asse delle ascisse corrisponde all'Equatore, e l'asse delle ordinate al meridiano centrale del Fuso di riferimento (fuso 32); il prodotto, quindi, diventa aggiornabile e confrontabile, anche in futuro, con altri tematismi relativi allo stesso territorio, anche se realizzati nell'ambito di altri studi e da altre figure professionali (Fig. 1);

2. *acquisizione* degli elementi cartografati tramite digitalizzazione da tavolo, sottoforma di polilinee quotate in formato dwg. Durante questa fase si realizza l'informatizzazione vera e propria del tematismo, ossia il passaggio dal documento cartaceo al documento grafico informatico; infatti, mediante il tavolo digitalizzatore, collegato al computer e attraverso il digitizer, ogni singola linea disegnata sulla carta viene ricopiata e trasformata in arco, per cui al termine di questa fase si ottiene come prodotto finale un file autocad, in scala 1:1, che riproduce fedelmente il tematismo.
3. *controllo* dei prodotti digitalizzati attraverso il confronto a video con la cartografia di base in formato raster. Questa fase consiste nella sovrapposi-

zione informatica della cartografia di base in formato raster (immagine) con il tematismo realizzato nella fase precedente, esattamente come si farebbe a mano sovrapponendo alla base cartografica un templetto trasparente con disegnato su il tematismo da controllare. Ciò consente di limitare notevolmente gli errori effettuati in fase di digitalizzazione e di aumentare in questo modo il livello di precisione del prodotto informatico che si sta realizzando.

A questo punto il file dwg è pronto per essere trasformato in copertura GIS, che si differenzia dal prodotto AUTOCAD in quanto cataloga in un database ogni singolo elemento grafico in essa contenuto, calcolando la sua lunghezza, se trattasi di un elemento lineare, o la sua area ed il suo perimetro, se trattasi di un elemento poligonale, attribuendogli un codice numerico univoco, che lo contraddistingue dagli altri elementi presenti nel disegno, e codificandolo eventualmente con un attributo logico; in più, ogni elemento grafico viene collocato nello spazio attraverso le sue coordinate rispetto al sistema di riferimento usato (UTM) e considerando anche i rapporti topologici tra archi o poligoni adiacenti.

4. *creazione* delle coperture GIS, poligonale e lineare, mediante conversione del prodotto dwg ottenuto nelle fasi precedenti e costruzione della topologia lineare e poligonale. Al termine di questa fase, in cui il file autocad viene trasformato in copertura GIS, si ottengono due coperture distinte, una lineare, in cui ogni corso d'acqua è rappresentato da una polilinea, ed una poligonale, per i corsi d'acqua di portata maggiore, in quanto, in quest'ultimo caso, l'elemento idrico non è più rappresentabile attraverso una polilinea unica, ma è necessario considerare il poligono acqua delimitato dalle polilinee che ricalcano le due sponde.
5. *implementazione* dei database associati alle coperture GIS poligonale e lineare con i toponimi dei corsi d'acqua e calcolo delle loro lunghezze in metri. Durante questa fase i database associati alle due coperture realizzate vengono arricchiti, aggiungendo per ogni elemento ai dati geometrici elaborati dal sistema, le informazioni di carattere territoriale, quali il tipo di corso d'acqua, secondo la legenda stabilita in precedenza ed il suo toponimo di riferimento (Fig. 2).
6. *georeferenziazione, acquisizione e creazione* delle coperture GIS poligonali contenenti i limiti amministrativi dei Comuni indagati. Seguendo una procedura analoga a quella illustrata, vengono realizzate le coperture poligonali contenenti i limiti territoriali dell'area indagata, i quali coincidono con i limiti amministrativi comunali dei Comuni coinvolti nello studio.
7. *intersezione* della copertura «rete idrica» con la copertura «limiti amministrativi», per stabilire la competenza amministrativa dei corsi d'acqua cartografati. Sfruttando a pieno le potenzialità del GIS, durante questa fase viene eseguita una vera e propria analisi territoriale, in cui le due coperture realizzate, la rete idrica ed

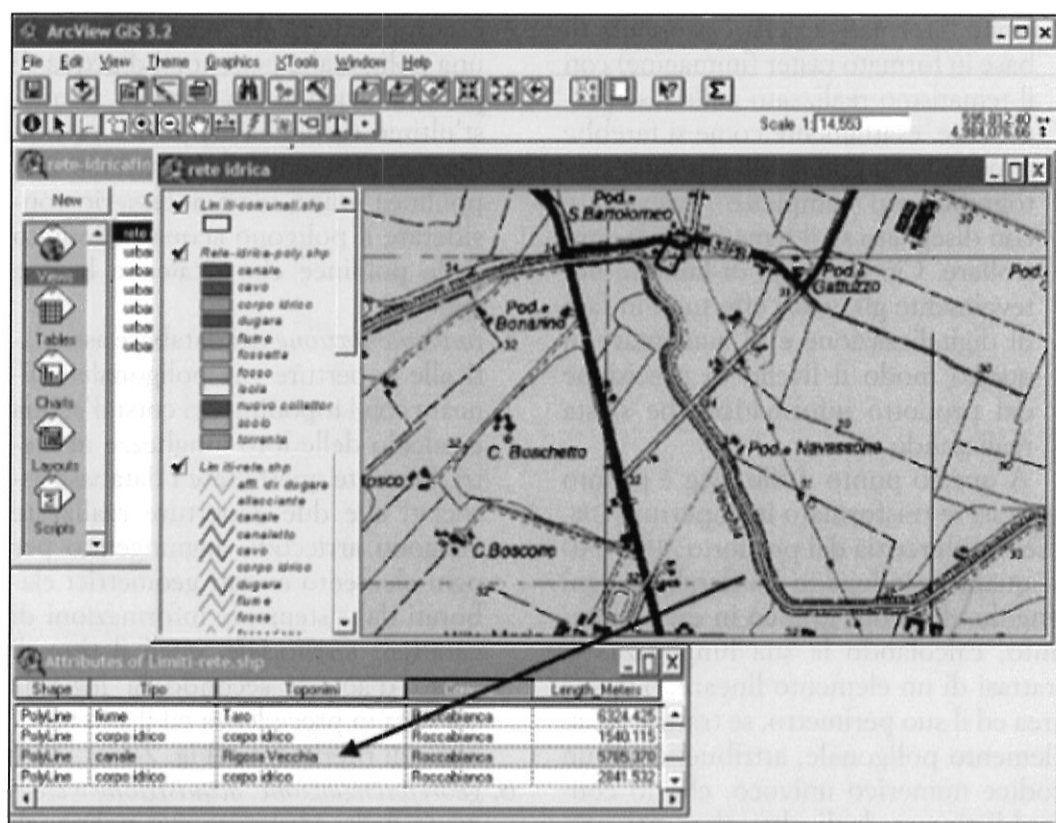



FIGURA 2 – *Database informatico associato alla copertura GIS.*

i limiti amministrativi, vengono sovrapposte ed elaborate per ottenere una terza copertura che contenga in sé le informazioni provenienti dalle due coperture di partenza, il che consente l'attribuzione di ogni corso d'acqua, o parte di esso, al territorio comunale in cui esso ricade. L'analisi territoriale eseguita è resa possibile grazie alla georeferenziazione iniziale, infatti, utilizzando il medesimo sistema di coordinate (UTM), le due coperture realizzate risultano perfettamente sovrapponibili e, pertanto, confrontabili (Fig. 3).

Anche alla copertura finale, derivata dall'intersezione delle due coperture di partenza, è associato un database con le stesse caratteristiche di quello descritto in precedenza, in più però, per ogni corso d'acqua cartografato viene riportato oltre, alla lunghezza, al tipo di corso e al relativo toponimo, anche la competenza amministrativa.

Nella tabella che segue è riportato uno stralcio del database descritto. Per il

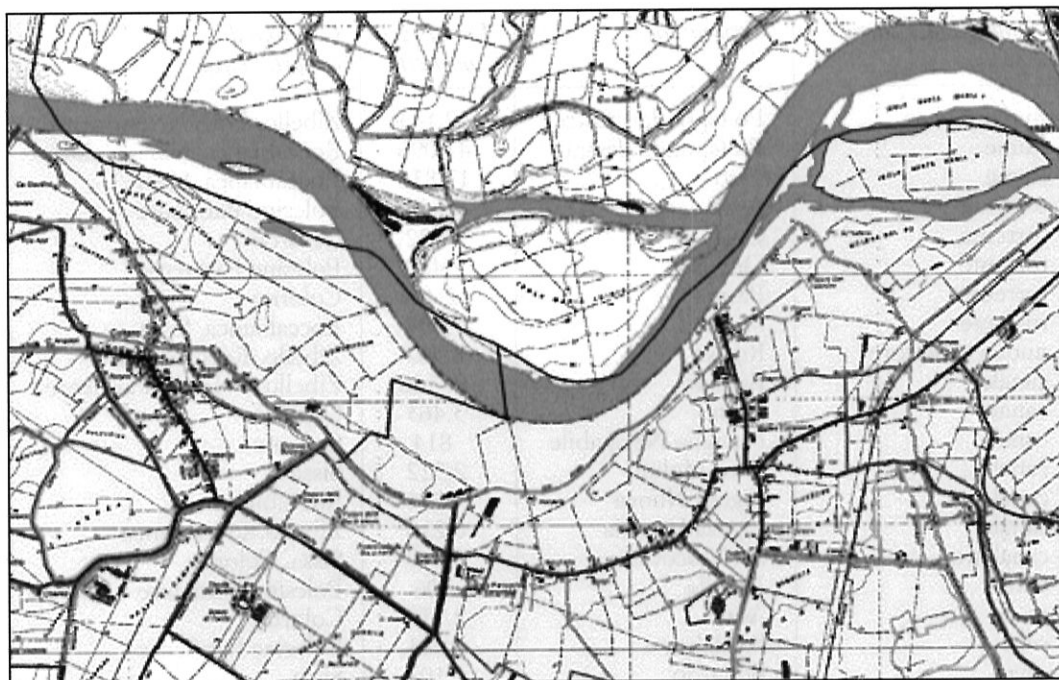



FIGURA 3 – *Stralcio della «Carta della rete idrica superficiale dei comuni di Colorno, Polesine Parmense, Roccabianca, Sissa, Zibello (PR)», prodotto in scala 1:30.000.*

fiume Po sono riportate le lunghezze di entrambi le sponde, mentre per gli altri corsi d'acqua viene riportata la lunghezza della linea centrale.

Organizzato così, il database consente di selezionare non solo gli elementi singolarmente, ma anche di raggruppare i corsi d'acqua secondo la tipologia o secondo il Comune di appartenenza.

3. Conclusioni

Il prodotto finale dell'indagine eseguita non rappresenta in sé un prodotto statico, tutt'altro; infatti esso, grazie alla sua organizzazione, consente di effettuare interrogazioni sia grafiche, selezionando singolarmente gli elementi d'interesse, dalla copertura, sia logiche mediante i classici operatori booleani, impostando espressioni logiche che permettono di selezionare solo gli elementi che rispettano le condizioni imposte. Allo stesso tempo, tale lavoro può costituire il punto di partenza per ulteriori future elaborazioni che possono portare quindi a nuovi dati desunti da quelli esistenti.

Pertanto, lo studio descritto può essere considerato come un primo passo verso una gestione territoriale più consa-

Tipologia del corso d'acqua	*Toponimo*	*Lunghezza in metri*	*Comune di appartenenza*
fiume	Po (sponda sinistra)	42.143	Zibello, Polesine Parmense,
fiume	Po (sponda destra)	41.096	Roccabianca, Sissa, Colorno
fiume	Taro	17.836	Roccabianca, Sissa
torrente	Arda	4.824	Polesine Parmense
torrente	Galasso	2.422	Colorno
torrente	Ongina	2.480	Polesine Parmense
torrente	Parma	12.464	Colorno
torrente	Stirone	5.809	Roccabianca, Sissa
nuovo collettore	Rigosa	8.582	Zibello, Roccabianca
canale	Busseto	10.130	Zibello, Polesine Parmense
canale	Lorno	3.463	Colorno
canale	Naviglio Navigabile	814	Colorno
canale	Otto Molini	2.312	Sissa
canale	Rigosa Nuova	5.251	Roccabianca
canale	Rigosa Vecchia	6.236	Zibello,Roccabianca
canaletto	del Vescovado	3.440	Sissa, Colorno
cavo	Ardella	806	Polesine Parmense
cavo	Avai	2.930	Colorno
cavo	Bardalenzo	2.983	Polesine Parmense
cavo	Bonardo	2.107	Sissa
cavo	Bondeno	1.847	Colorno
dugara	Balzarina	1.787	Sissa
dugara	Campo Grande	1.983	Colorno
dugara	Casarola	3.733	Colorno
dugara	dei Prati di sopra	3.160	Sissa

pevole e costituisce sicuramente un valido strumento per la conoscenza e la pianificazione territoriale che le istituzioni preposte allo studio e alla salvaguardia dell'ambiente potranno provvedere ad integrare, aggiornare e completare secondo le esigenze locali.

Bibliografia

VIANELLO G., *Cartografia e fotointerpretazione*, Editrice CLUEB, Bologna, 1989

ESRI inc., *Arc CAD Command Reference,*1992

BALLESTRA G., BERTOZZI R., BUSCAROLI A., GHERARDI M., VIANELLO G., *Applicazioni dei Sistemi Informativi Geografici (G.I.S.) nella valutazione delle modificazioni ambientali e territoriali, P.F.-R.A.I.S.A. CNR* Francoangeli editore, Roma, 1996

DRAMIS F., BISCI C., *Cartografia geomorfologica*, Editore Pitagora, Bologna,1998

Relazione sullo stato dell'ambiente in Emilia Romagna, ARPA Regione Emilia Romagna, 1999

SPAGGIARI R., FRANCESCHINI S., MANZINI M. E., *La qualità dei corsi d'acqua della regione Emilia – Romagna*, ARPA Report 2000-2002

IL FIUME ATERNO NELLA RISERVA NATURALE REGIONALE «GOLE DI SAN VENANZIO» (RAIANO-AQ): CARATTERISTICHE DELL'ECOSISTEMA FLUVIALE E SUA RAPPRESENTAZIONE CARTOGRAFICA

THE ATERNO RIVER IN THE «GOLE DI SAN VENANZIO» REGIONAL WILDLIFE RESERVE (RAIANO AQ): THE CHARACTERISTICS OF THE RIVER ECOSYSTEM AND ITS CARTOGRAPHIC REPRESENTATION

Angelo Di Matteo (*), **Lino Ruggieri** (**), **Manuela Milli** (***)

(*) Geologo - Direttore Riserva Naturale «Gole di San Venanzio», Viale Tratturo, 3 - 67027 Raiano (AQ) - e-mail: *geodma@tin.it*.
(**) Biologo - Membro del Comitato Scientifico della Riserva Naturale «Gole di San Venanzio» C.da Ponticelli, 3 - 64100 Teramo (TE) - e-mail: *lirugg@tin.it*.
(***) Geologo - Via Rimembranze, 10 - 61045 Pergola (PU) - e-mail: *manuelamilli@libero.it*.

Riassunto

Il fiume Aterno nel tratto ricadente all'interno della Riserva Naturale Regionale «Gole di San Venanzio» mostra caratteristiche di naturalità che permettono, anche se in alcuni casi in condizioni di criticità, la presenza di comunità animali e vegetali di notevole interesse.
La complessità idrologica ed ecologica dell'intero sistema necessita di conoscenze che garantiscano, attraverso la definizione delle caratteristiche del corso d'acqua, un'adeguata azione di tutela ambientale e di gestione della fauna ittica.
Pertanto, sono state condotte analisi volte a valutare la funzionalità fluviale, la qualità biologica delle acque e gli aspetti ittiologici quali-quantitativi.
I risultati relativi alle indagini svolte sono stati successivamente cartografati ed inseriti, come tematismi, all'interno della cartografia digitale esistente dell'intero territorio comunale. Un monitoraggio dei parametri precedentemente definiti potrà, nel tempo, documentarne le variazioni per una più approfondita conoscenza dell'Aterno, quale emergenza naturalistica e culturale di Raiano e della Riserva Naturale Regionale «Gole di San Venanzio».

Abstract

The tract of the Aterno River which flows through the «Gole di San Venanzio» Regional Wildlife Reserve has a remarkable naturalness which permits, even if in some cases in a critical state, the presence of animal and plant communities of great interest.
The hydrological and ecological complexity of the entire system calls for knowledge which guar-

antees adequate environmental protection and ichthyic fauna management by means of the definition of the characteristics of this waterway.
Consequently, analyses were carried out with the aim of evaluating the river functionality, the biological quality of the water and the quality/quantity aspects of the fish species present in the water.
The results coming from the study were then charted and inserted, as subjects, into the existing digital cartography of the entire municipal territory. A careful monitoring of the parameters previously defined, may, over time, provide documentary evidence of its variations for a deeper knowledge of the Aterno River, which is a naturalistic and cultural priority both for Raiano and for the «Gole di S. Venanzio» Regional Wildlife Reserve.

Il Fiume Aterno

Il fiume Aterno nasce dalla confluenza del torrente Mondragone, alimentato dalle sorgenti di Aringo, situate sulle pendici di M. Capo - Cancelli (1398 m s.l.m), con il Rio Piano ed altri fossi minori nei pressi della città di Montereale a quota 815 m s.l.m. Il fiume attraversa e drena la Piana di Capitignano e perviene, dopo aver attraversato numerosi piccoli centri abitati, nella conca dell'Aquila. La lunghezza complessiva del suo corso, che si svolge prevalentemente nella direzione Nord Ovest-SudEst è di circa 100 Km fino alla confluenza con il fiume Pescara.

Il fiume Aterno è il corso d'acqua principale della provincia de L'Aquila ed in questo studio viene preso in considerazione il tratto ricadente all'interno della Riserva Naturale Regionale «Gole di San Venanzio». A valle dell'abitato di Molina, il fiume Aterno scorre rapido ed incassato nelle aspre Gole di San Venanzio sino a raggiungere la piana di Raiano. La portata fluviale nel tratto Molina-Raiano è condizionata sia da fattori naturali, legati alla situazione idrogeologica, sia da fattori antropici relativi agli usi della risorsa.

Attività svolte

Le attività di ricerca svolte sono state articolate in:

- analisi di qualità delle acque;
- analisi dell'ambiente fluviale e della sua funzionalità;
- analisi ittiologiche

Le metodologie utilizzate sono quelle ufficiali nell'ambito scientifico italiano delle quali, si da di seguito una breve descrizione.

Qualità biologica delle acque (I.B.E)

Il metodo utilizzato per la definizione della qualità biologica delle acque è l'Indice Biotico Esteso, indicato sinteticamente con l'acronimo I.B.E, previsto dal D.L.vo 130/92 e confermato come metodica ufficiale per la valutazione della qualità biologica delle acque superficiali dal D.L.vo 152/99 e sue integrazioni e modifiche. Lo scopo dell'I.B.E è quello

FIGURA 1 – *Stazione SV1.*

di formulare diagnosi della qualità di ambienti di acque correnti sulla base delle modificazioni nella composizione delle comunità di macroinvertebrati, indotte da fattori di inquinamento o da significative alterazioni fisiche dell'ambiente fluviale.

L'utilizzo degli indicatori biologici per la valutazione della qualità dell'ambiente evidenzia che variazioni chimiche e fisiche, se superiori alle capacità omeostatiche degli organismi, inducono modificazioni qualitative e quantitative della struttura della comunità. Una comunità macrobentonica in un ambiente ben conservato e stabile presenta infatti, un numero maggiore di specie ed un maggior equilibrio nel numero degli individui tra le diverse specie rispetto ad una comunità soggetta a continui stress ambientali. Il metodo si basa concettualmente su di un confronto tra la composizione di una comunità «attesa» e la composizione della comunità «verificata» in un determinato tratto di fiume. Il valore di indice, espresso per convenzione con un numero intero entro una scala discreta, riassume dunque un giudizio di qualità basato sulla modificazione qualitativa della comunità campionata rispetto ad una comunità di riferimento.

FIGURA 2 – *Stazione SV2.*

AMBIENTE FLUVIALE E SUA FUNZIONALITÀ (I.F.F.)

La funzionalità e le dinamiche fluviali sono condizionate in larga misura sia dalle caratteristiche del territorio circostante che dalle adiacenti fasce di vegetazione riparia. L'Indice di Funzionalità Fluviale, definito dall'A.N.P.A nell'anno 2000, si basa sulle capacità dell'operatore di rilevare i diversi segni che caratterizzano le dinamiche funzionali dell'ecosistema fluviale attraverso una lettura critica degli stessi. La sua applicazione permette di poter disporre di un utile strumento per le indagini conoscitive sugli ecosistemi acquatici sia per rilevarne «lo stato di salute» sia per individuare zone di alta valenza ecologica o tratti degradati che necessitano di interventi di recupero.

ANALISI ITTIOLOGICHE

Sono state individuate le stazioni di maggior interesse e significatività ai fini dello studio della fauna ittica e si è quindi provveduto ad eseguire in esse campionamenti di tipo quantitativo, mentre lungo i tratti di fiume compresi tra le singole stazioni, si è provveduto ad eseguire indagini di tipo semi-quantitativo.

FIGURA 3 – *Stazione SV3.*

Stazioni di campionamento

La stazione definita con il codice **SV1** è situata lungo la S.S. n. 5 Tiburtina-Valeria, in prossimità del ponte che fa da confine tra il Parco Regionale «Sirente-Velino» e la Riserva Naturale Regionale «Gole di San Venanzio». L'ambiente circostante è naturale, con lievi interventi artificiali. L'alveo di morbida è largo circa 12 m. La granulometria del fondo è diversificata e presenta massi, ciottoli e ghiaia. Non sono visibili fenomeni erosivi.

Il popolamento ittico rinvenuto è prevalentemente salmonicolo, essendo costituito soprattutto da individui di Trota fario (*Salmo (trutta) trutta*) ed in misura nettamente inferiore da ciprinidi quali, il Barbo comune (*Barbus plebejus*) e la Rovella (*Rutilus rubilio*) (Fig. 4, Fig. 5).

L'indice di funzionalità fluviale mostra quanto sopra esposto, evidenziando comunque una migliore funzionalità per la riva sinistra (Fig. 6).

L'indice biotico esteso evidenzia lungo tutto il tratto di fiume considerato in questo studio un ambiente leggermente inquinato (Fig. 7).

La stazione definita con il codice **SV2** è situata in prossimità dell'eremo di San Venanzio, in un ambiente ad elevato valore naturalistico, paesaggistico ed architettonico.

Il fiume scorre tortuoso in un alveo

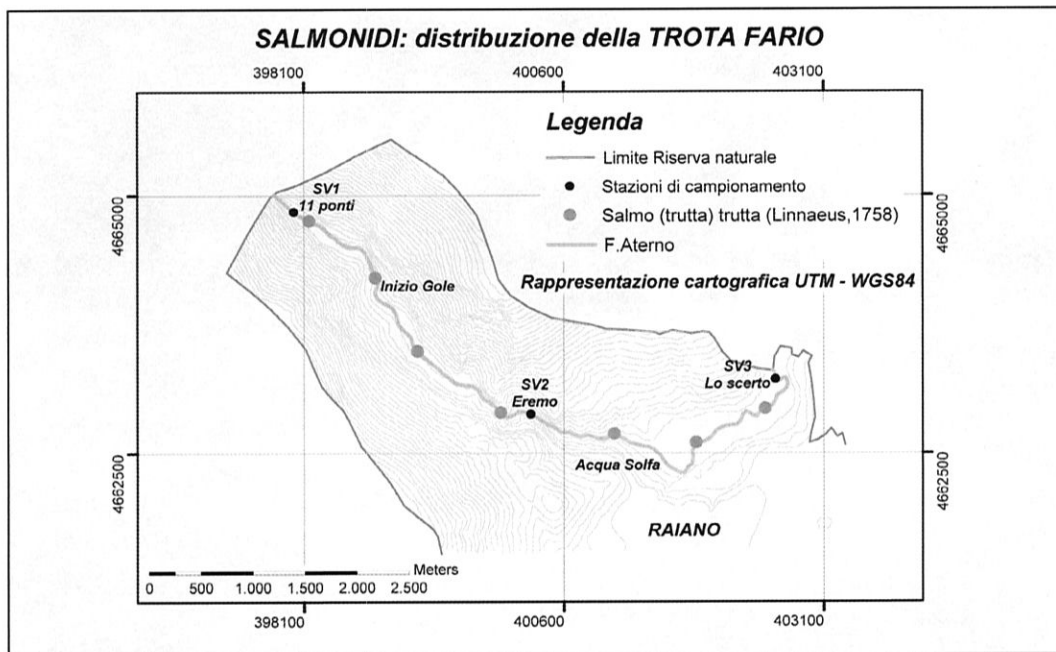



FIGURA 4

FIGURA 5

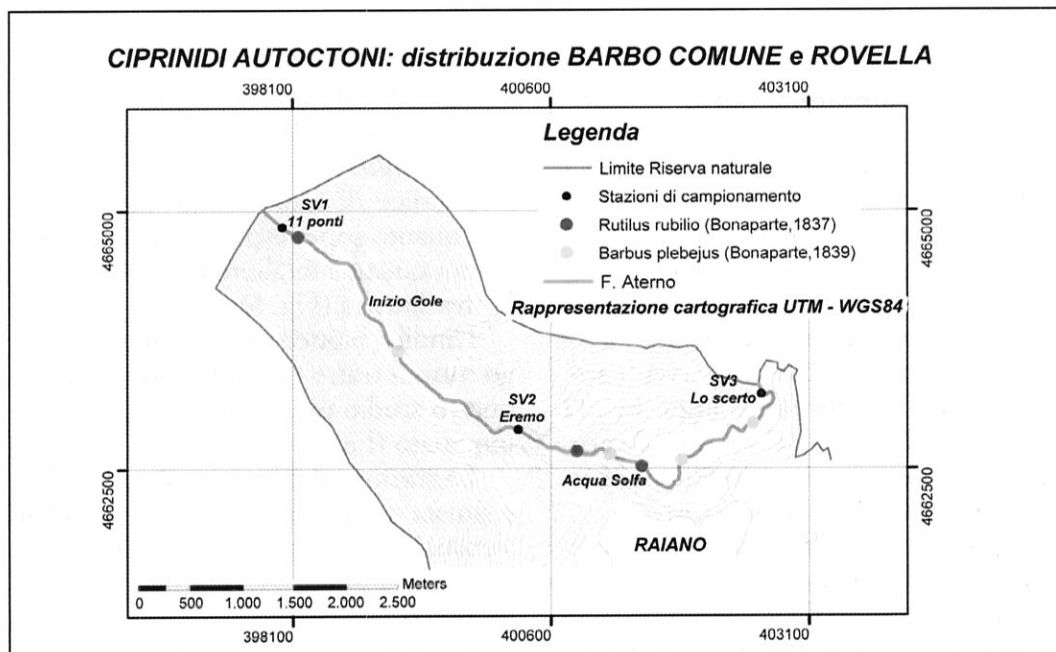
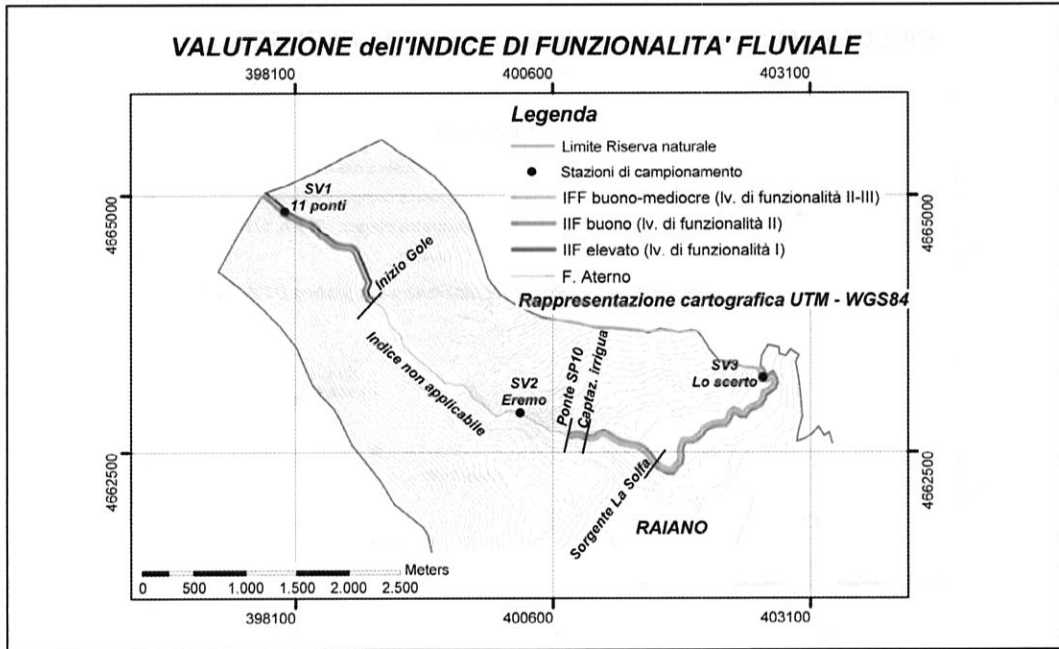



FIGURA 6

FIGURA 7

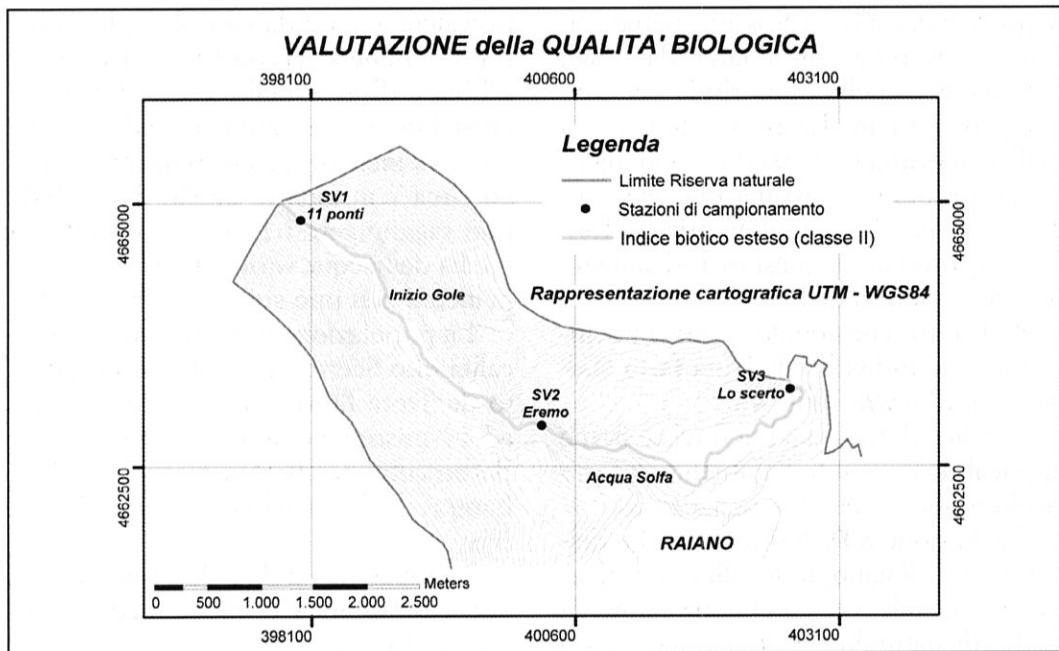
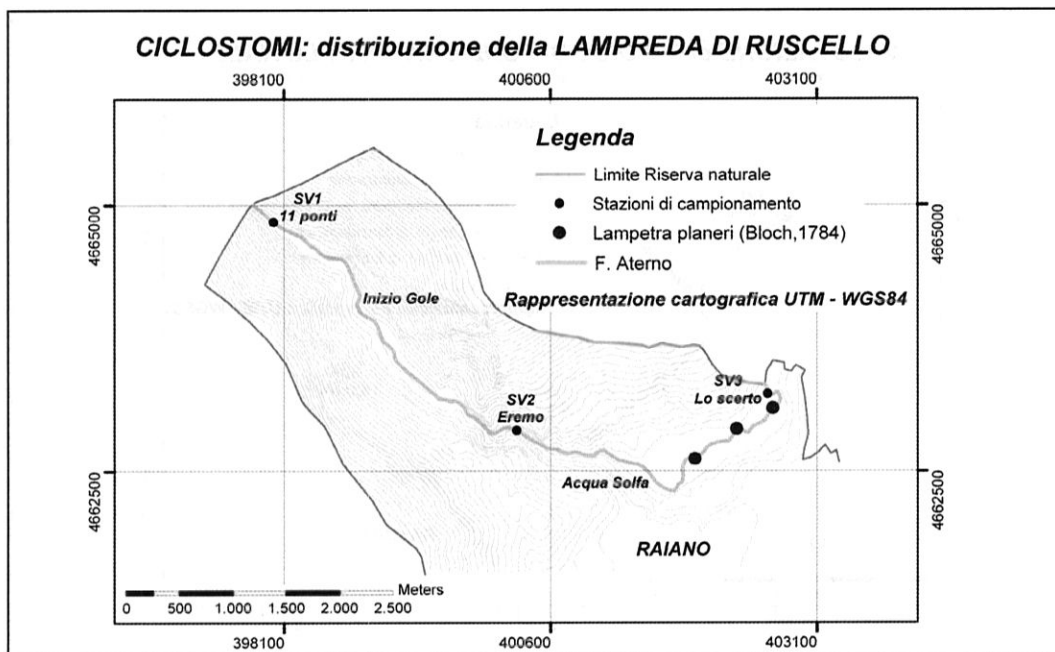



FIGURA 8

naturale incassato tra altissime pareti calcaree. L'alveo bagnato è largo dai 4 agli 8 m, mentre quello di morbida può raggiungere i 15 m. La profondità media dell'acqua varia tra i 30 ed i 40 cm, mentre la profondità massima può raggiungere i 200 cm. La granulometria del fondo è rappresentata quasi esclusivamente da massi, ciottoli e ghiaia.

Nel tratto considerato sono stati rinvenuti solo individui di Trota fario *(Salmo (trutta) trutta)* (Fig. 4).

L'indice di funzionalità fluviale non è applicabile in quanto l'ambiente di forra risulterebbe fortemente penalizzato.

La stazione **SV3** è situata a valle dell'abitato di Raiano, in località «Lo Scerto», in un ambiente con buone caratteristiche di naturalità. L'alveo è costituito prevalentemente da ciottoli e ghiaia nei tratti rettilinei e da consistenti depositi di sabbia e di limo nelle anse. I fenomeni erosivi delle rive sono ben evidenti nelle curve di meandro. L'alveo bagnato è largo circa 7 m mentre quello di morbida può raggiungere i 15 m. La profondità media dell'acqua varia tra 20 e 50 cm ma in alcuni casi può superare i 200 cm.

La popolazione ittica rinvenuta in località «Lo Scerto» è costituita soprattutto da Trota fario *(Salmo (trutta) trutta)* ed in misura nettamente inferiore dal Barbo comune *(Barbus plebejus)* e dalla Lampreda di ruscello *(Lampetra planeri)* (Fig. 4, 5, 8).

La funzionalità fluviale è buona in sinistra idrografica e buona-mediocre in destra idrografica (Fig. 6).

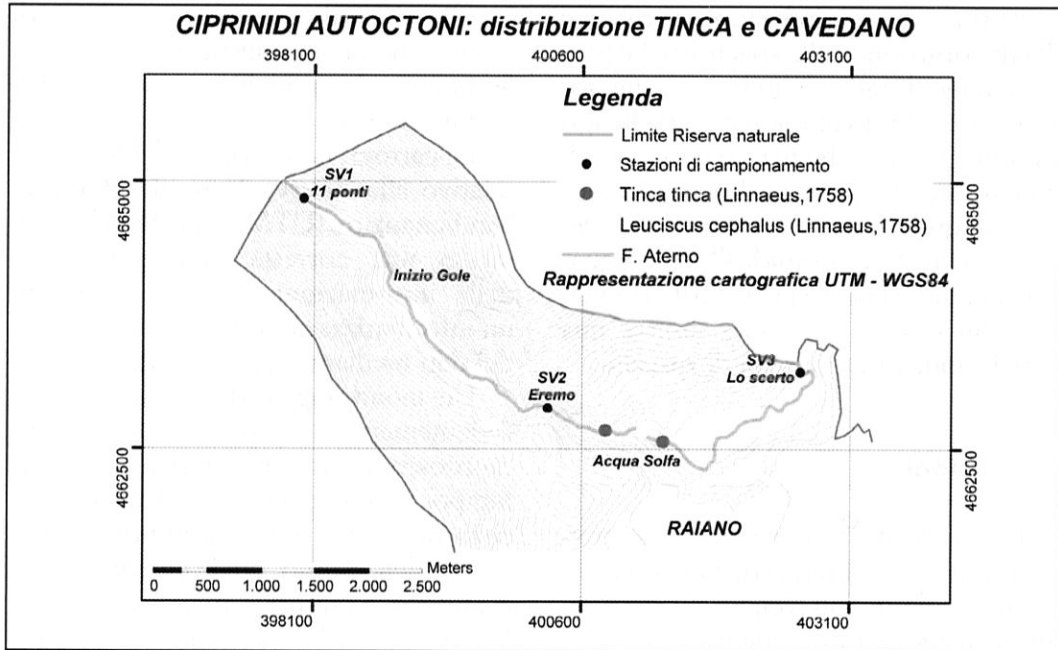
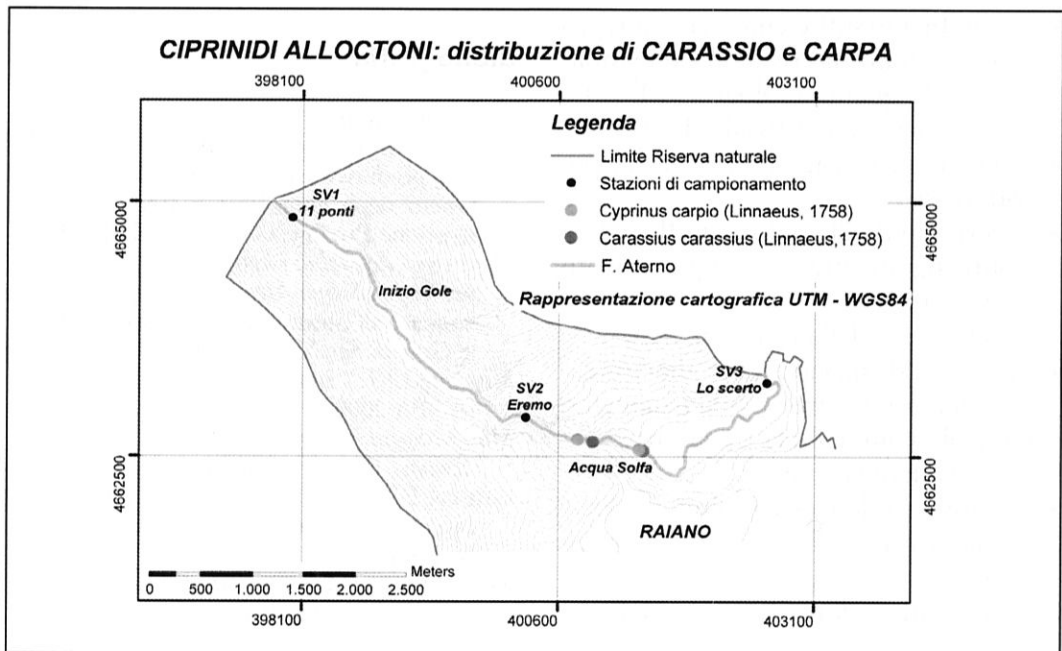



FIGURA 9

FIGURA 10

Al fine di avere informazioni relative alla distribuzione delle specie ittiche presenti lungo il tratto di fiume in esame sono stati eseguiti campionamenti di tipo semiquantitativo che hanno permesso di evidenziare la presenza di ciprinidi autoctoni, quali la rovella, la tinca ed il cavedano (Fig. 9) e ciprinidi alloctoni, quali il carassio e la carpa (Fig. 10). Tra i ciclostomi è stata rinvenuta inoltre una popolazione di Lampreda di ruscello.

Conclusioni

Lo studio del fiume Aterno, nel tratto compreso all'interno della riserva naturale «Gole di San Venanzio» deve essere considerato propedeutico ad interventi volti al miglioramento della qualità ambientale nell'area protetta. La ricerca ha evidenziato:

- un ambiente sufficientemente integro documentato dai risultati delle indagini sulla qualità biologica (I.B.E.) e sulla funzionalità fluviale (I.F.F.);
- una carenza idrica eccessiva nel periodo estivo;
- interruzioni nel continuum fluviale;
- fonti significative di inquinamento puntiforme;
- interruzioni della fascia ripariale;
- presenza di specie ittiche alloctone.

Per quanto riguarda il potenziamento della qualità ambientale tra gli interventi da prevedere vi sono:

- garantire il deflusso minimo vitale;
- realizzare trattamenti di fitodepurazione;
- interventi di riqualificazione della fascia ripariale attraverso tecniche di ingegneria naturalistica;
- interventi per migliorare l'habitat dell'ittiofauna.

La cartografia vettoriale del territorio relativo alla Riserva Naturale «Gole di San Venanzio» (UTM – WGS84) ha permesso una corretta rappresentazione delle informazioni raccolte, grazie ad un'informatizzazione e ad una gestione dei dati mediante tecniche GIS.

Un monitoraggio dei parametri precedentemente definiti ed una successiva rappresentazione cartografica, potrà, nel tempo, documentarne le variazioni e consentire una più approfondita conoscenza dell'Aterno, quale emergenza naturalistica e culturale di Raiano e della Riserva Naturale Regionale «Gole di San Venanzio».

Bibliografia

Mappaggio biologico dei corsi d'acqua della Provincia di L'Aquila, Studio effettuato dal gruppo di ricerca organizzato dal Prof. P.F. Ghetti negli anni 1991 e 1992. Amministrazione Provinciale di L'Aquila 1994.

Mappaggio di qualità biologica del fiume Aterno nel tratto Molina Aterno-Raiano, studio preliminare all'istituzione della Riserva Naturale Gole di San Venanzio (Ecogest 1999).

Manuale I.F.F. - Indice di funzionalità fluviale, (ANPA 2000).

Monitoraggio biologico I.B.E della provincia di Teramo, (Ecogest - Bioprogramm 1998).

GHETTI P.F. (1997): *Manuale di applicazione: Indice Biotico esteso*, Provincia Autonoma di Trento.

TURIN, RUGGIERI (1998), *Studio sulla fauna ittica del fiume Sagittario.*

MODERNE TECNOLOGIE PER LA GESTIONE DELLE EMERGENZE IDROGEOLOGICHE

Claudio Garlatti (*), Giancarlo Massari (*), Michele Potleca (*)

(*) Protezione Civile della Regione Autonoma Friuli Venezia Giulia - Via Natisone 43, 33057 Palmanova - UD, Italia - e-mail: *protezione.civile@regione.fvg.it.*

Riassunto

Il 29 agosto 2003 violente precipitazioni meteoriche hanno interessato il settore nord-orientale della Regione Friuli Venezia Giulia, causando l'esondazione di molti corsi d'acqua, estese colate detritiche, allagamenti e fenomeni erosivi. I gravi danni sopportati da popolazione ed infrastrutture, hanno interrotto le normali attività economiche e sociali per parecchi giorni, inducendo massicci interventi della Protezione Civile della Regione.
Questa emergenza è stata il banco di prova per verificare la capacità e la rapidità operativa del nuovo polo cartografico nonché le potenzialità e l'affidabilità dei recenti strumenti tecnologici a disposizione della Protezione Civile della Regione Autonoma Friuli Venezia Giulia.
Per perimetrare e censire i dissesti geologici ed idraulici, ma anche per evidenziare ed analizzare le situazioni di maggior criticità, immediatamente dopo l'evento si è subito costituzione di un team di tecnici, che, sulla base di sopralluoghi e rilevamenti sul terreno, analisi di foto aeree e rilievi laser scan, hanno censito oltre1000 dissesti idrogeologici distribuiti in circa 17 km^2.
Utilizzando un sistema GIS si sono così potuti integrare i dati raccolti creando un sistema informativo territoriale essenziale non solo per l'individuazione e la perimetrazione dei dissesti geologici ed idraulici ma anche per la modellazione e l'analisi territoriale; e soprattutto per la successiva opera di pianificazione e controllo.

Parole chiave: Protezione Civile, dissesto idrogeologico, laserscanning, GIS

Premessa

Era il 29 agosto del 2003, quando la zona nord-orientale della regione Friuli Venezia Giulia veniva interessata da un'eccezionale ondata di maltempo, caratterizzata da precipitazioni piovose di particolare intensità (oltre 300 mm in circa tre ore), tali da causare numerosissime frane, colate detritiche, l'esondazione di numerosi corsi d'acqua attinenti il bacino del Fella, con allagamenti dei centri abitati, nonchè fenomeni erosivi nelle aste idrauliche di tutti i livelli, e purtroppo anche due morti. All'a-

FIGURA 1 – *Erosioni spondali del fiume Fella in località Pietratagliata - Pontebba.*

zione dirompente delle acque si è aggiunta quella dovuta alla grande quantità di materiale arboreo che, rimossa dalle sponde e/o dai versanti, è stata convogliata nelle aste principali del reticolo fluviale. Questa massa ha ostacolato il deflusso occludendo le luci dei ponti, deviando la corrente di piena, distruggendo o danneggiando numerose abitazioni.

La Protezione Civile della Regione, con l'ausilio dei propri tecnici e dei volontari, si è immediatamente impegnata nei primi interventi di soccorso alla popolazione attivando le prime opere di somma urgenza per la messa in sicurezza del territorio. A questa prima risposta è seguita la perimetrazione con la raccolta di tutti i dati caratterizzanti il fenomeno alluvionale. Nei giorni immediatamente seguenti l'alluvione, quando ancora erano ben visibili nella loro interezza gli effetti sul territorio, si è dato corso ad una campagna di rilevamento del dissesto idrogeologico, che oltre a costituire una importante testimonianza documentale, ha permesso di ricostruire la fenomenologia dell'evento relazionandola al territorio ed ai dati sulle precipitazioni.

Studio e analisi dell'evento

La chiave di una corretta analisi e gestione di un'emergenza è la rapida acquisizione dei dati territoriali e la successiva elaborazione cartografica sia per avere una stima reale e immediata valutazione dei danni che per «congelare» l'evento nel modo più oggettivo.

La produzione cartografica della Protezione Civile regionale ha seguito 4 direttrici principali:

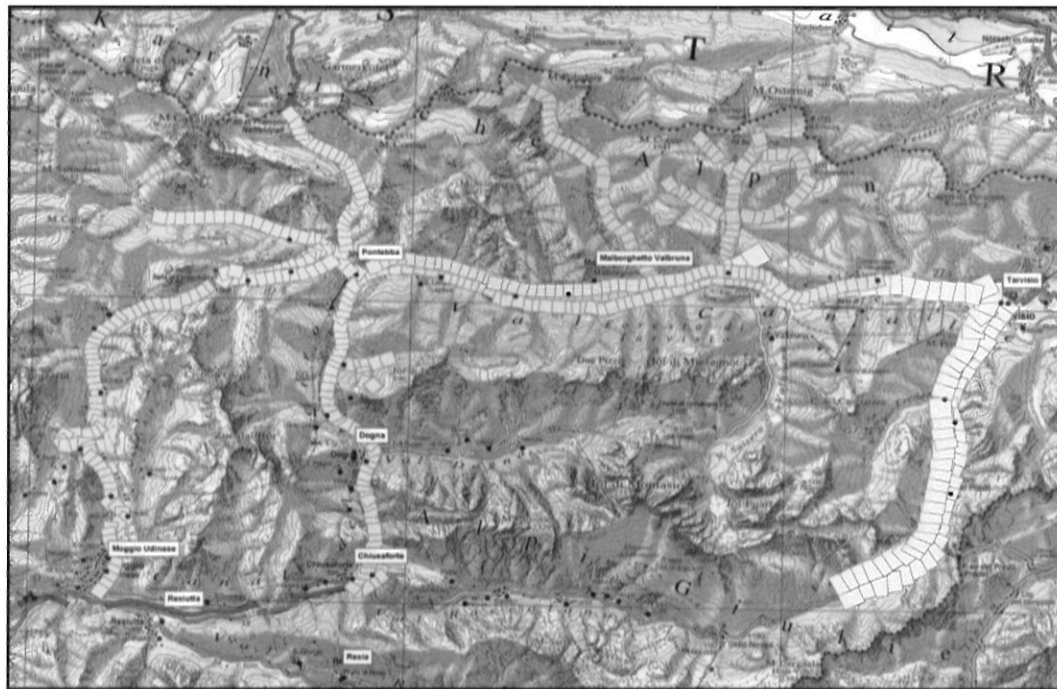



FIGURA 2 – *Copertura delle foto ad elevata risoluzione e rilievi laserscan da elicottero.*

1. Perimetrazione delle aree in dissesto al fine di rendere attuativo quanto disposto dall'art. 2, comma 4, dell'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri 3309/2003;
2. Studio della sicurezza idraulica;
3. Rilievi per la valutazione danni alle strutture;
4. Rilievi per il controllo del territorio e la gestione dei cantieri.

1. Perimetrazione dissesto idrogeologico

Per l'individuazione, il riconoscimento e la perimetrazione dei dissesti geologici ed idraulici si è costituito un team interdirezionale di tecnici che, a supporto dei sopralluoghi sul territorio, hanno utilizzato i seguenti dati:

- Ortofoto ad alta risoluzione da elicottero;
- Rilievo laser scan da elicottero;
- Ortofoto Compagnia Generale Riprese di Parma;
- Rilievi di campagna e immagini fotografiche

Le ortofoto ad elevata risoluzione ed il rilievo laser altimetrico da elicottero sono stati acquisiti nell'immediatezza dell'evento, 31 agosto, 1 e 2 settembre, equipaggiando un elicottero Eurocopter AS 350 B2 della ditta Helica (s.r.l.) con un si-

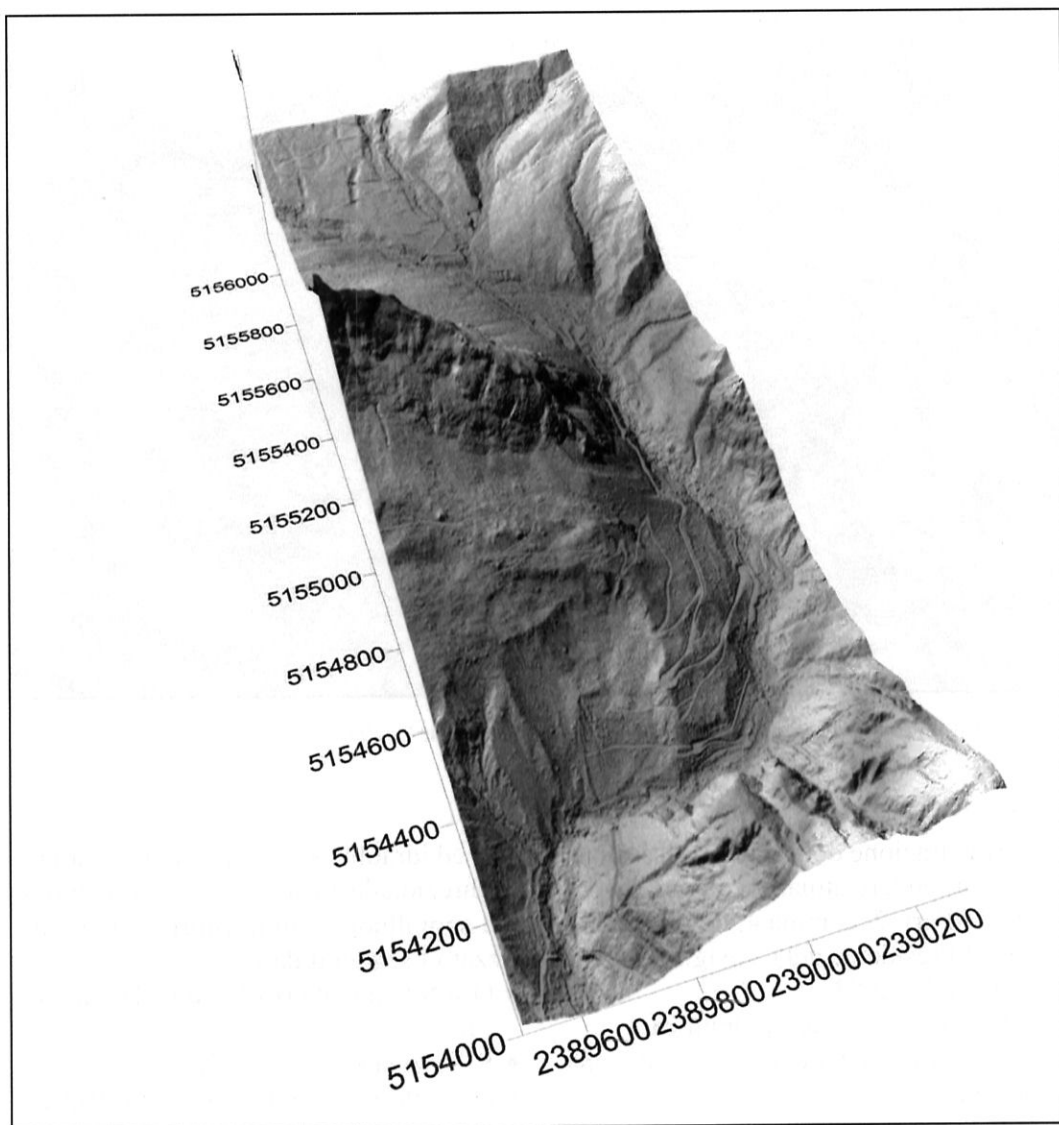



FIGURA 3 – *Modello digitale del terreno della valle del Bombaso (Pontebba) nel quale sono ben identificabili i dissesti geostatici e le erosioni spondali.*

stema ALTM e camera metrica. L'elevata flessibilità operativa dell'elicottero sulle valli montane ha permesso di concentrare i rilievi principalmente nei fondovalle dove la presenza antropica è più rilevante e laddove è ubicata la maggior parte degli edifici e delle infrastrutture. I rilievi sono stati effettuati con una bassa ve-

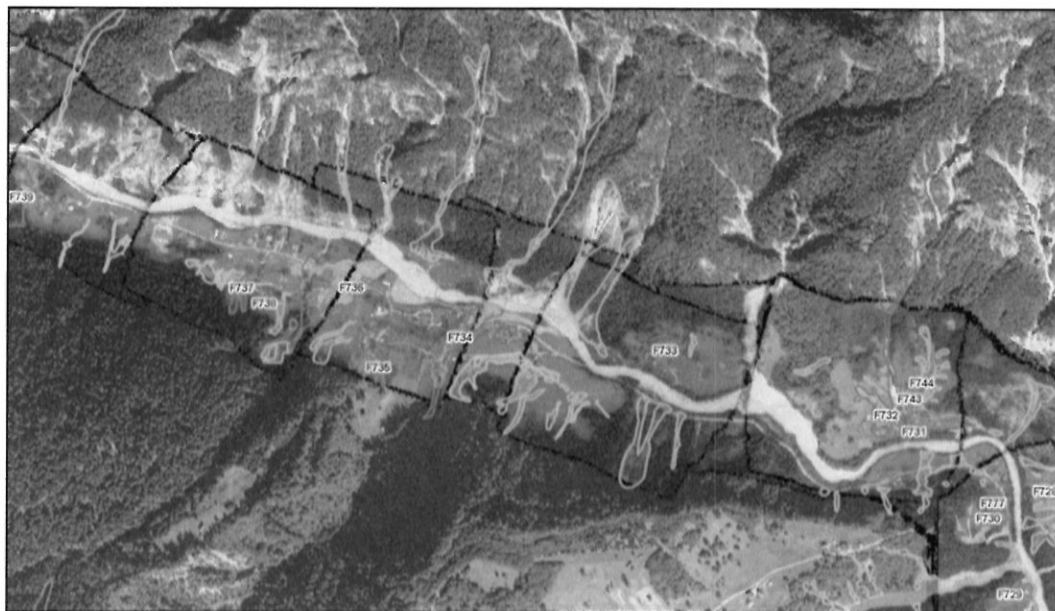



FIGURA 4 – *Esempio di perimetrazione. In rosso i dissesti che coinvolgono l'edificato.*

locità di avanzamento rispetto al suolo, per una migliore risoluzione spaziale

La risoluzione della ripresa ortofotografica è superiore ai 20 cm ed è costituita da un totale di 493 fotogrammi, il tutto georiferito nel sistema regionale (Gauss-Boaga). La fotocamera metrica installata sull'elicottero è una una camera digitale Rollei DB44 Metric dotata di dorso digitale Phase One modello H20 da 16 milioni di pixel. I software di gestione sono R6008 e PhaseOne. La fotocamera è sincronizzata con il laser e con il GPS per consentire l'ortorettifica e la georeferenziazione delle immagini.

Per il rilievo laser altimetrico è stato utilizzato il sistema costituito da un laser a scansione modello ALTM (*Airbone Laser Terrain Mapper*) 3033 prodotto dalla Optech di Toronto (Canada) con risoluzione angolare 0.01°, risoluzione in range di 1 cm. Il volo è stato effettuato con velocità operativa compresa fra gli 80 e i 100 km orari e altezza relativa di circa 800, con una larghezza della singola strisciata di 500 metri, con apertura della presa di 20°+20°.

La densità della nuvola di punti è da 2 a 5 punti per m^2 in forma discreta con la registrazione del primo ed ultimo impulso, nonchè del valore di riflettanza ad essi associata (DUAL TIM). Il rilievo è stato eseguito con i seguenti parametri di acquisizione GPS:

- Visibilità contemporanea di almeno 6 satelliti;
- Elevazione satelliti: maggiore di 15° sulla linea dell'orizzonte;
- PDOP < 3
- Stazione GPS ground entro 25 km dal-

FIGURA 5 – *Carte dei dissesti: esempio della carta 1:5000.*

la posizione dell'elicottero.

Le strisciate laser sono state elaborate dall'Osservatorio Geofisico Sperimentale di Trieste gruppo CARS. L'intero processo è stato eseguito utilizzando dapprima il REALM Survey Suite della Optech, dopodichè mediante il software *Terrascan* della *Terrasolid* si è svolta l'elaborazione avanzata dei dati, che ha portato all'utilizzo solamente dell'ultimo impulso, al fine di elimina la copertura vegetale. Il rilievo è stato restituito in coordinate UTM33 - WGS84.

Per il completamento dei rilievi nelle zone non ricadenti nelle acquisizioni da elicottero, a partire dal 5 settembre, sono stato eseguite riprese ortofotogrammetriche a scala 1:35.000 con pellicola a colori dalla Compagnia Generale Riprese aeree S.p.a. di Parma, per un totale di 848,6 km^2 di superficie, ricadenti in n. 31 Sezioni (base del «taglio» cartografico delle CTR alla scala 1:10.000). Il rilievo ortofotografico ha una restituzione in forma digitale con pixel avente dimensioni di 0,50 metri, questo ha permesso di individuare alcuni dissesti di grandi dimensioni in aree montane.

Nei versanti settentrionali, dove zone d'ombra non permettevano una corretta perimetrazione, le aree sono comunque state cartografate mediante rilievi GPS speditivi. In queste zone sono stati utilizzati anche i rilievi dei dissesti prodotti dalla Direzione regionale delle risorse agricole, naturali e forestali, tramite sopralluoghi di squadre di rilevatori composte da un tecnico ed un forestale.

Ad integrazione dei dati telerilevati si sono utilizzate immagini fotografiche effettuate dai tecnici della Regione, dell'Anas, delle Ferrovie e dei volontari di pro-

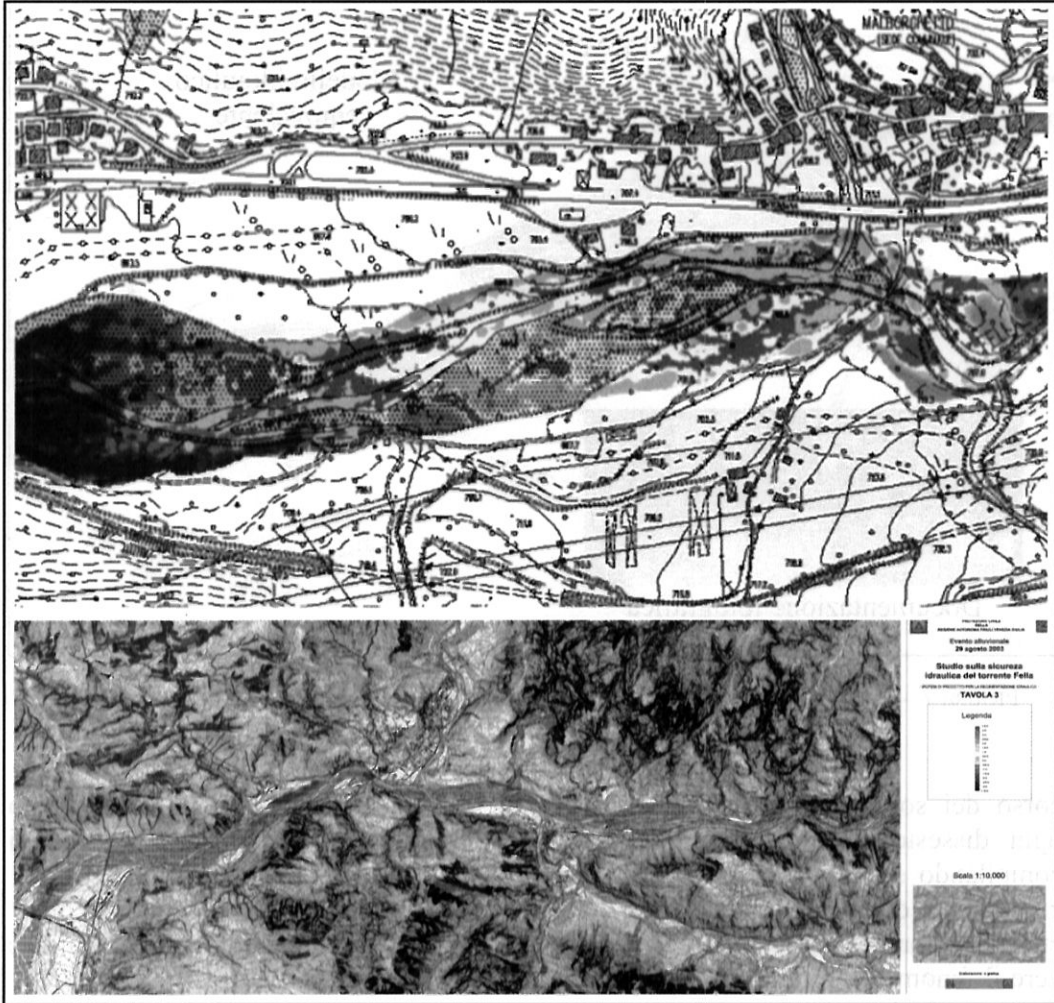



FIGURA 6 – *Esempio di rappresentazione di progetto di sistemazione idraulica e della carta sullo studio della sicurezza idraulica – piano ghiaie.*

tezione civile, in tutto più di 7.500 fotogrammi che sono state ordinati ed archiviati in formato digitale, risultando utili per ulteriori analisi sia laddove le successive opere di somma urgenza venivano a mascherare le forme di frane e di erosioni, sia nelle zone boscate; dove le immagini da aereo ed elicottero non permettevano l'individuazione dei dissesti.

I sopralluoghi sono stati finalizzati sia a riconoscere gli elementi dubbi o non visibili dalle fotografie aeree, sia alla corretta valutazione dei danni ad opere ed infrastrutture antropiche. I rilevatori nel

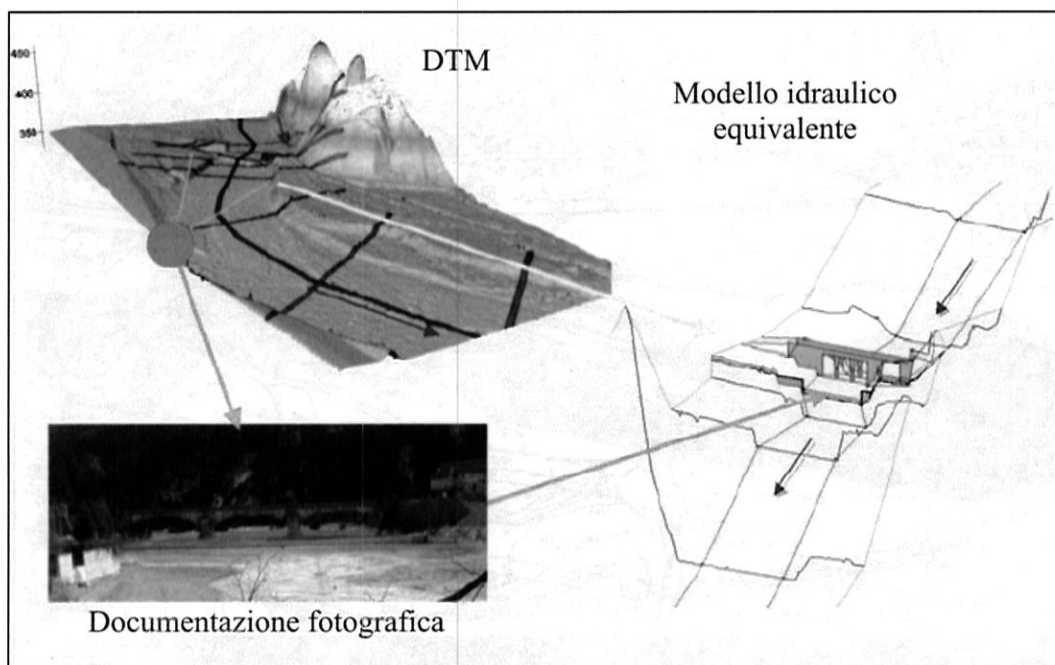



FIGURA 7 – *Processo di creazione delle sezione idrauliche e del modello idraulico numerico.*

corso dei sopralluoghi hanno descritto ogni dissesto riconducibile all'evento, compilando schede cartacee di segnalazione, nelle quali sono state riportate alcune informazioni essenziali per descrivere il fenomeno, riversando successivamente tutti i dati raccolti nel database del sistema informativo territoriale

Gli areali dei dissesti presenti nelle cartografie sono quindi il risultato di analisi fotointerpretative e di rilievi specifici sul terreno.

Il tutto è stato nativamente sviluppato mediante ArcGIS, naturale supporto all'analisi dell'evento, integrazione di fonti dati e base per la produzione cartografica.

È stata prodotta alla scala 1: 5.000 la *Carta dei dissesti* verificatisi a seguito dell'evento alluvionale del 29 agosto 2003. In essa sono riportati i seguenti contenuti:

- Aree a dissesto geologico prevalente;
- Aree a dissesto geologico prevalente con edifici coinvolti;
- Aree a dissesto idraulico prevalente;
- Aree nelle quali il costo degli interventi di riduzione del rischio non è compatibile col valore degli edifici coinvolti;
- Edifici di valore non compatibile con il costo degli interventi o con le dinamiche dei fenomeni geologici e/o idraulici;

Dissesti perimetrati mediante ortofoto ad alta risoluzione e sopralluoghi

Dissesti perimetrati mediante sopralluoghi.

Le aree a dissesto geologico eviden-

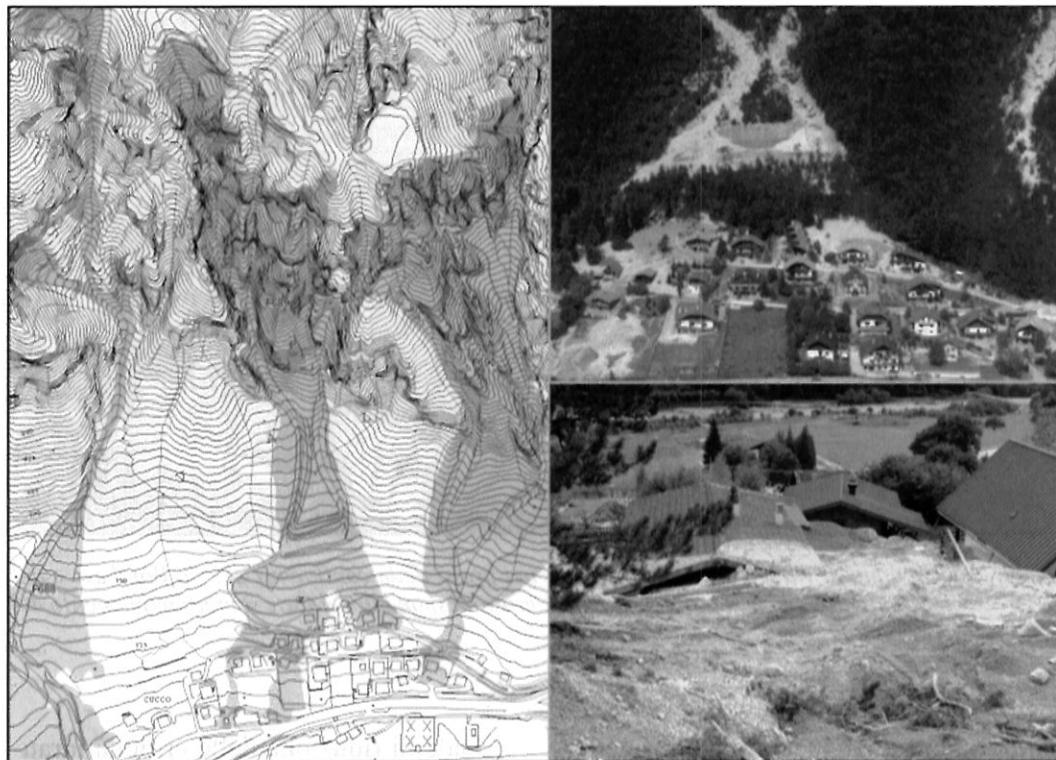



FIGURA 8 – *Colata detritica presso l'abitato di Cucco (Malborghetto-Valbruna).*

ziate mediante bordatura rossa e sigla coinvolgono anche marginalmente l'edificato pubblico o privato.

Le aree a dissesto idraulico prevalente contengono aree a campitura tratteggiata, risultato di studi e modelli idraulici per le quali il costo degli interventi di riduzione del rischio non è compatibile col valore degli edifici coinvolti.

In entrambi i casi vengono evidenziati in rosso gli edifici "a rischio", cioè quelli il cui valore non è compatibile con il costo degli interventi di riduzione del rischio o la cui ubicazione interferisce con le dinamiche degli eventi geologici e/o idraulici particolarmente pericolosi.

2. Studio sulla sicurezza idraulica

La Protezione Civile della Regione ha immediatamente elaborato uno studio idrologico-idraulico al fine di verificare il livello di sicurezza del territorio lambito dal Fella stesso per assumere una corretta strategia di programmazione delle necessarie opere di messa in sicurezza. Lo studio è stato focalizzato nella tratta del torrente Fella che dal Forte Hensel di

FIGURA 9 – *Esempio di rilievo con laser terrestre nei pressi della confluenza del rio Bombaso e del torrente Pontebbana., sono evidenti le erosioni spondali e il forte sovralluvionamento del rio Bombaso.*

Malborghetto conduce alla confluenza con il fiume Tagliamento, per una estensione di circa 43 km di alveo, attraverso una modellazione numerica a moto permanente che ha riguardato la rappresentazione di 225 sezioni idrauliche e 26 opere trasversali. L'approccio concettuale allo studio è stato focalizzato nei seguenti punti:

1. Costruzione della morfologia del corso d'acqua.
2. Analisi idrologica del bacino idrografico del torrente Fella.
3. Realizzazione di un modello numerico concettuale di simulazione idraulica.
4. Simulazione numerica della propagazione dell'onda di piena centenaria.
5. Analisi dei dati e identificazione delle criticità idrauliche.
6. Elaborazione di una proposta progettuale di riduzione delle criticità idrauliche mediante opportuni criteri.
7. Raffronto della modellistica idraulica nello stato di fatto e di progetto.
8. Rappresentazione della proposta progettuale.
9. Considerazioni finali sul pericolo residuo.

Certamente la difficoltà principale, che si presenta costantemente, riguarda l'assunzione dei dati conoscitivi della morfologia dell'alveo, problema che nel presente studio è stato risolto utilizzando i rilievi laser-scanner. La nuvola di punti è stata elaborata fino ad ottenere una griglia regolare a passo 2 m che è stata utilizzata per estrarre le sezioni idrauliche ed elaborare una forma di rappresentazione della soluzione progettuale di mitigazione del rischio esondazione, laddove necessario.

Le sezioni idrauliche sono state generate dal DEM a griglia regolare attraverso la creazione di un asse ipotetico e delle sezioni trasversali a distanza di circa 200 m, raffittite laddove necessario per una corretta rappresentazione della morfologia d'alveo e delle opere trasversali esistenti.

L'analisi numerica ha permesso di evidenziare alcuni punti critici per pericolo di esondazione, per insufficienza idraulica o per effetti idraulici critici quali erosioni o divagazioni della vena fluida.

L'analisi dello stato di fatto ha sostanzialmente confermato le evidenze assunte durante l'evento del 29 agosto 2003, ma ha anche messo in luce criticità correlabili all'analisi di portate centenarie, certamente maggiori di quelle verificatesi durante l'evento in esame.

Al fine di mitigare l'effetto di eventuali nuovi eventi alluvionali, lo studio è stato ampliato nell'ottica di proporre le direttive minime per la realizzazione di interventi di messa in sicurezza dei territori prospicienti, i cui criteri possono così essere sintetizzati:

1. Garantire il deflusso del picco di piena lungo il corso d'acqua con sufficiente franco di sicurezza.
2. Preservare la stabilità delle opere idrauliche da effetti dannosi conseguenti a dinamiche d'alveo (escursione in quota del piano medio delle ghiaie e formazione di canali profondi, tendenti a scalzare le opere medesime).
3. Equilibrare la capacità di trasporto solido lungo l'asta in condizioni di piena.
4. Mantenere la meandrità naturale dell'asta fluviale, preservando la conformazione dei canali di magra-morbida.
5. Valutare l'effetto delle opere trasversali nei confronti del libero deflusso delle piene e dell'eventuale carico vegetale fluitato.

In seguito è stato elaborato un progetto di mitigazione del pericolo attraverso un'ipotesi di riprofilatura dell'alveo del Fella, con conseguente simulazione numerica del nuovo ipotetico assetto del corso d'acqua. Tale simulazione è stata poi messa a confronto con quella eseguita per l'analisi dello stato di fatto al fine di interpretare l'effetto migliorativo dell'intervento progettuale proposto.

La simulazione dell'ipotesi progettuale ha condotto a verificare che, mediante un intervento di abbassamento del piano delle ghiaie del torrente Fella, si può raggiungere un sufficiente grado di sicurezza dal punto di vista idraulico per i territori prospicienti l'alveo, integrando inoltre con adeguamenti delle opere di difesa idraulica esistenti o con la realizzazione, in alcuni casi, di nuove opere. Infine si è assunta una rappresentazione dell'intervento progettuale mediante la compilazione di una carta tematica, avente ad oggetto la scolmatura dei materiali inerti ritenuti in eccesso per il buon regime idraulico e la sicurezza. Il tutto si evidenzia in una rappresentazione falso-colore degli spessori di sedimenti da asportare (gradazione dei colori da rosa a rosso), rispetto ai canali di magra che si intende preservare (gradazioni di colore da azzurro a blu scuro), in confronto ad una ipotetica livelletta di progetto desunta dalla necessità di dare sicurezza idraulica ai territori limitrofi

L'analisi della proposta progettuale porta a stimare in 2.750.000 m^3 di materiali inerti da asportare dal bacino del tor-

rente Fella, di cui ben 1750.000 m^3 riferiti al solo letto del Fella .

Lo studio si completa attraverso la proposta di interventi integrativi e sinergici alla messa in sicurezza del territorio, da attuarsi secondo i dettami dell'ingegneria idraulica con la realizzazione di opere di difesa opportune a seconda dei casi.

3. Rilievi per la valutazione danni alle strutture

L'articolo 6 della suddetta Ordinanza, da facoltà al Commissario delegato di costituire gruppi di tecnici, per il rilevamento ed il censimento dei danni subiti dai privati e dalle imprese, nonché per la stima dei costi delle opere di riparazione, ricostruzione o ripristino. Sono stati individuati 15 professionisti, nelle figure di ingegneri, architetti, geologi,forestali, agronomi geometri e periti, che sono stati divisi in cinque terne, i quali hanno compilato dei verbali su schema predefinito per il rilevamento dei danni effettuando visite di sopralluogo sulla base delle richieste provenienti dagli stessi danneggiati e su indicazione da parte dei Sindaci in ordine alle priorità.

4. Rilievi per il controllo del territorio e gestione cantieri

Superate le prime incombenze dell'emergenza (recupero dispersi, soccorso alla popolazione, ...) la fase immediatamente successiva per la protezione civile regionale è stata la realizzazione delle prime opere di pronto intervento, indispensabili alla salvaguardia della pubblica incolumità.

Essendo le opere di somma urgenza da realizzare nel minor tempo possibile, proprio per il loro carattere di messa in sicurezza del territorio, necessitano di una rapida progettazione . Utilizzando il laserscan terrestre ILRIS-3D della Optech, in dotazione alla Protezione Civile della Regione Autonoma Friuli Venezia Giulia, si sono potuti integrare ed implementare i dati ALTM già in possesso, effettuando oltre una decina di campagne di rilievo, con una strumentazione estremamente rapida e precisa.

I dati rilevati, oltre ad esser stati messi a disposizione delle ditte impegnate nelle opere di protezione civile, sono stati utilizzati per stimare e calcolare i volumi da mobiliare dalle zone di colata detritica o sovralluvionamento, per il controllo volumetrico/temporale di scavi e riporti nei vari cantieri, per il controllo delle alluvioni mobilizzate nelle successive ondate di maltempo.

I rilievi sono stati georiferiti nel sistema regionale (Gauss-Boaga) con 2 diverse tecniche: dove erano presenti le coperture laser da elicottero si sono rototraslate le scansioni terrestri rispetto quelle aeree individuando almeno tre punti di comuni (punti notevoli, elementi rocciosi, spigoli di case, ecc.), oppure negli altri casi, riconoscendo all'interno delle scansioni tre o più punti di coordinate note mediante GPS o ricavati dalla cartografia tecnica. Una corretta georeferenziazione risulta utile, specialmente su un territorio dove non sono presenti manufatti antropici, per determinare la corretta orizzontalità del rilievo.

È inoltre iniziata una campagna di rilievi sulle aste fluviali in concomitanza delle centraline di telemisura, dotate di idrometri ad ultrasuoni, posizionati su sezioni idrauliche di particolare interesse sia come punti di controllo in aree particolarmente sensibili sia come punti "segnalatori" di livelli di guardia o allarme per le aree poste più a valle lungo il corso d'acqua. Queste sezioni, dette appunto "idrometriche", forniscono il dato del livello idrico nel corso d'acqua; tuttavia per poter da esse dedurre il corrispondente valore della portata che defluisce è necessario effettuare una taratura della sezione mediante modellazione idraulica supportata da misure di portata e dal confronto con dati storici. La possibilità di disporre di sezioni "tarate" di buona affidabilità è molto importante ai fini della corretta previsione degli eventi critici e della prevenzione del rischio alluvionale, ciò però necessita di un accurata conoscenza della geometria della sezione idraulica e della morfologia dell'alveo sia a monte che a valle del punto di misura, in particolare nel caso di alvei "mobili" soggetti a rilevanti variazioni di assetto in conseguenza di eventi di pioggia significativi.

L'archivio georiferito creato mediante GIS consente la visualizzazione 2D e 3D della sezione idrometrica e della relativa curva di taratura, gestisce inoltre il collegamento con i file dati correlati contenenti il rilievo topografico elaborato ed i file del modello idraulico utilizzato per la taratura. In tal modo si può gestire molto efficacemente l'aggiornamento sia dei modelli e sia della stessa geometria, qualora si riscontrassero nel tempo significative mutazioni delle caratteristiche di alcune sezioni.

Conclusioni

Con l'alluvione che ha duramente colpito la scorsa estate la zona nord-orientale della regione Friuli Venezia Giulia, si sono collaudate le moderne tecnologie di rilevamento, dal laserscan terrestre ed aerotrasportato, alle ortofoto ad elevatissima risoluzione, fino all'integrazione completa su piattaforma GIS.

Il punto di forza di tali tecnologie è sicuramente la rapidità di rilievo, ma soprattutto l'elevata precisione.

Sono stati censiti oltre 1108 fenomeni franosi ed eventi alluvionali per oltre 17 km^2 distribuiti in circa 800 km^2 di territorio ricadenti nei comuni di Chiusaforte, Dogna, Malborghetto Valbruna, Pontebba, Moggio Udinese, Tarvisio.

Le aree a dissesto idraulico prevalente comprendono circa 11 km^2, per le quali sono stati studiati in dettaglio e modellizzati i casi principali e più significativi di insufficienza idraulica e di trasporto solido iper-concentrato utilizzando un modello digitale del terreno derivato dai rilievi laser scan da elicottero.

La completa mappatura delle aree di rischio nell'ambito dei territori colpiti dall'alluvione è stata svolta al fine di rendere attuativo quanto disposto dall'art. 2, comma 4, dell'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri 3309/2003, analizzando i casi in cui risultavano coinvolti edifici riconoscendo aree e/o edifici per i quali gli interventi di riduzione del rischio o le dinamiche dei fenomeni geologici e/o idraulici non sono compati-

bili con il valore dei beni esposti, ma tale lavoro è risultato utile anche ai fini pianificazione e realizzazione delle opere di ripristino e messa in sicurezza del territorio, per l'aggiornamento della perimetrazione delle aree a rischio idrogeologico (D.L. 180/98 - L. 267/98) e per l'integrazione delle informazioni con la ricognizione sul terreno lavoro dei gruppi di tecnici per il rilevamento ed il censimento dei danni.

Di particolare utilità è risultato il rilievo aereo laser scanning che ha fornito un DTM dell'intera asta del fiume Fella mettendo in evidenza le rotture arginali, le zone in erosione e quelle di sovralluvionamento ove l'innalzamento del letto delle ghiaie ha ridotto la capacità di deflusso del fiume ed ha creato una situazione di reale pericolo per le aree circostanti. Tale rilievo, integrato dalle ortofoto e dai rilievi in campagna è stato riversato in un sistema informativo territoriale utilizzato non solo per l'individuazione e la perimetrizione dei dissesti geologici ed idraulici ma anche come principale strumento conoscitivo, di analisi e condivisione per i successivi interventi di messa in sicurezza del territorio e di manutenzione, nonché base per i futuri strumenti pianificatori dei comuni.

Il laser scan terrestre si è dimostrato di estrema utilità e versatilità per la gestione e il controllo delle opere di pronto intervento nel post-emergenza, i principali vantaggi possono essere così riassunti:

- il ridotto tempo d'acquisizione;
- l'assoluta ininfluenza delle condizioni d'illuminazione;
- la non-invasività;
- l'uniformità del dato acquisito;
- la quantità e la qualità delle informazioni acquisite;
- la necessità di un singolo operatore con un notevole vantaggio economico e di risorse.

Per contro la mole di dati da gestire è notevole e necessita di un processing abbastanza impegnativo (sia dal punto di vista del computer che dell'operatore), inoltre se la campagna di rilievo non è stata adeguatamente pianificata ci si può ritrovare con una mole di dati inutilmente immensa.

Utilizzando quindi un sistema GIS si sono così potuti integrare ortofoto ad alta risoluzione, rilievi laser scan da elicottero, ortofoto da aereo, immagini fotografiche, rilievi di campagna, creando un sistema informativo, essenziale base operativa per l'individuazione e la perimetrizione dei dissesti geologici ed idraulici e per la conseguente opera di pianificazione e controllo.

NUOVI STRUMENTI DIDATTICI FINALIZZATI ALLO STUDIO DEL TERRITORIO E ALL'ANALISI DELL'AMBIENTE: ESPERIENZE DELL'ARPA PIEMONTE IN PROVINCIA DI TORINO

NEW DIDACTIC INSTRUMENTS FINALIZED TO TERRITORY STUDY AND TO ENVIRONMENTAL ANALYSE: ARPA PIEMONTE'S EXPERIENCES IN THE PROVINCE OF TURIN

Angelo Penon (*)

(*) ARPA Piemonte, Area Formazione e Informazione, Settore Sistema di Informazione Geografica, Via Principessa Clotilde 1, 10144 Torino. Tel. 011 4737873, e-mail: *a.penon@arpa.piemonte.it*.

Riassunto

Le Agenzie di protezione ambientale detengono una competenza tecnico-scientifica approfondita delle tematiche ambientali e gestiscono una consistente mole di dati territoriali-ambientali. Possono contribuire pertanto allo sviluppo di una nuova cultura ambientale attraverso la formazione, l'informazione e la sensibilizzazione alle problematiche dell'ambiente e dello sviluppo sostenibile.
La proposta formativa «*A scuola di territorio - cartografare l'ambiente*», rivolta ai docenti della provincia di Torino, si pone l'obiettivo di sviluppare, mediante l'acquisizione di specifiche conoscenze e di abilità all'utilizzo degli strumenti cartografici, del telerilevamento e dei sistemi informativi, percorsi didattici sulle tematiche ambientali di maggiore interesse per le diverse realtà territoriali scolastiche.

Abstract

Regional Agencies of Environmental Protection have a deep technical-scientific knowledge of environmental subjects and menage a lot of data about it. This large competence, translate in corrected information and knowledge can concretely contribute to the development of a new environmental culture wich, through education and training may improove awareness and sensitivity to sustainable development.
Therefore, the objective's formative proposal «At territory school - environmental mapping» , *addressed to teachers of the province of Turin, is to develope didactic activity, using cartography, remote sensing and geographical information system, impacting phenomena and pressures on various environmental matrices.*

Introduzione

La progettazione e la realizzazione di attività curricolari sulle più significative tematiche ambientali, quali, ad esempio, l'uso delle risorse rinnovabili e non rinnovabili, la salvaguardia della biodiversità, il rischio ambientale, lo sviluppo sostenibile richiedono prioritariamente la disponibilità di attendibili ed aggiornate conoscenze territoriali–ambientali, di metodologie operative e strumenti in grado di analizzare, integrare e rappresentare i fenomeni nella loro evoluzione spaziale e temporale.

Per quanto concerne le conoscenze è basilare poter operare, nelle varie fasi di attività, l'integrazione tra i dati a livello locale e le informazioni a livello di area vasta che hanno, anche sul livello locale, le loro ripercussioni ed i loro effetti. Altrettanto fondamentale è la necessità di disporre e saper utilizzare strumenti per rappresentare le realtà territoriali, l'uso del territorio, le sue caratteristiche, le sue trasformazioni, gli eventuali possibili utilizzi e miglioramenti.

Le Agenzie Regionali di Protezione Ambientale, presenti capillarmente sul territorio con proprie strutture tecniche, detengono una conoscenza tecnico-scientifica approfondita delle tematiche ambientali. Queste competenze tecniche, supportate da una consistente ed aggiornata base informativa, possono quindi concretamente, attraverso la formazione, l'informazione e la sensibilizzazione alle problematiche dell'ambiente e dello sviluppo sostenibile, contribuire allo sviluppo di una nuova cultura ambientale.

A tal scopo l'Arpa Piemonte, in particolare attraverso le sue strutture di formazione e di informazione geografica, durante l'anno scolastico 2002-2003, ha avviato nelle Scuole Medie Superiori di Torino e Provincia il progetto formativo «A scuola di territorio. Cartografare l'ambiente». Tale progetto sostenuto dalla Provincia di Torino ha avuto come finalità la sperimentazione e la diffusione nei programmi didattici di nuovi strumenti di acquisizione e gestione di informazioni territoriali, quali la cartografia, il telerilevamento, i sistemi informativi territoriali, che applicati allo studio dell'ambiente consentono un'analisi oggettiva ed una corretta valutazione delle condizioni e delle caratteristiche ambientali.

Articolazione del progetto

Il progetto «*A scuola di territorio. cartografare l'ambiente*» è stato strutturato in tre moduli: il primo denominato «*A scuola di territorio*», il secondo «*Cartografare l'ambiente*» ed il terzo «*Modulo applicativo*».

Nel primo modulo, quello di aggiornamento della cultura tecnica specifica, sono stati illustrati i principali elementi cognitivi afferenti le matrici aria, acqua e precisamente acque superficiali e studio del paesaggio (articolazione in tre percorsi).

Elemento portante di questo modulo formativo è l'acquisizione della metodologia DPSIR, che prevede la suddivisione delle informazioni ambientali in ma-

croambiti: Determinanti, Pressioni, Stati, Impatti e Risposte.

L'Agenzia Europea dell'Ambiente ha creato tale metodologia per rappresentare la situazione ambientale di un territorio evidenziando l'insieme degli elementi e delle relazioni causali che caratterizzano un qualsiasi tema o fenomeno ambientale.

Il modello DPSIR si propone di rappresentare una struttura di riferimento generale e anche un approccio integrato nei processi di *reporting* sullo stato dell'ambiente, garantendo la confrontabilità dei dati reperiti a qualsiasi livello, locale, nazionale o internazionale. Tale metodologia è infatti in grado di rappresentare quali-quantitativamente il territorio, consentendo altresì di valutare le variazioni temporali e le linee di tendenza dei fattori studiati..

Successivamente sono state fornite agli insegnanti le nozioni su strumenti quali la cartografia, le fotografie aeree, le immagini satellitari ed i sistemi informativi territoriali (*Modulo cartografare l'ambiente*) fondamentali per poter operare un'analisi ed una corretta valutazione delle condizioni e delle caratteristiche ambientali.

Questi strumenti consentono infatti di:

- Aggiornare la base dati, in modo semplice ed anche in tempi brevi, utilizzando, ad esempio, immagini aereofotografiche o satellitari;
- stimolare la capacità di tradurre gli elementi e gli oggetti riconosciuti in termini quantitativi (calcolo di superfici e di volumi);
- consentire rapporti e incroci tra tematiche diversamente significative in funzione del contesto ambientale in cui lo studente vive;
- costituire all'interno della scuola una raccolta sistematica ed aggiornata di dati cartacei, numerici e bibliografici, che nel loro insieme originano una *banca dati* di cui usufruirà l'intera comunità scolastica nel tempo, avviando la costituzione di un sistema informativo territoriale.

Infine, dopo aver acquisito, attraverso la frequenza ai corsi suddetti, le nozioni di base sulle tematiche ambientali, nonché gli strumenti informativi e cartografici utili alla gestione e alla rappresentazione dei dati, i docenti sono stati in grado, con il supporto tecnico dei tecnici dell'ARPA Piemonte, di sviluppare nelle classi esperienze applicative di analisi territoriale–ambientale inerenti problematiche specifiche ed afferenti porzioni di territorio prossime alle scuole (*Modulo applicativo*).

Nello specifico sono stati realizzati quattro percorsi applicativi riguardanti le seguenti problematiche:

- Analisi dello stato della qualità dell'aria mediante bioindicatori nella bassa Valle Orco;
- Analisi ambientale su un'asta fluviale assoggettata a forti pressioni antropiche – Bacino idrografico del Banna;
- Analisi delle trasformazioni d'uso dell'area urbana – Comune di Torino, Circoscrizione n.3 S. Paolo;

Individuazione delle aree di pregio e di criticità ambientale sulla base delle caratteristiche morfo-funzionali del territorio – Pinerolese pedemontano.

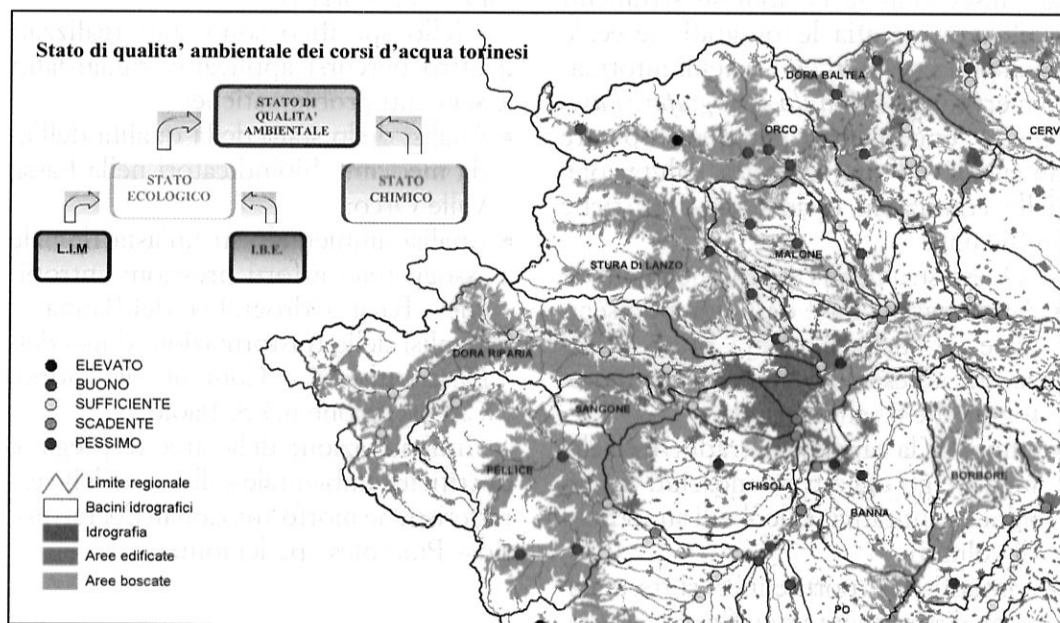
Modulo applicativo relativo alla matrice acqua - analisi ambientale su un'asta fluviale assoggettata a forti pressioni antropiche.

Il Torrente Banna è affluente di destra del Po, scorre nelle province di Asti e Torino con uno sviluppo di circa 30,4 chilometri. Il territorio del suo bacino è situato interamente al di sotto dei 500 mt. s.l.m. L'area di studio del bacino del Torrente Banna è stata selezionata per lo stato di compromissione delle acque superficiali e sarà oggetto di interventi di risanamento per il raggiungimento dei livelli di qualità previsti dalla normativa D.Lgs n° 152 del 11/05/99.

L'obiettivo del progetto è stata l'analisi dello stato ambientale della risorsa idrica, attraverso l'individuazione delle fonti di impatto.

Grande rilevanza ha assunto la verifica delle relazioni spaziali fra l'asta fluviale ed il territorio circostante al fine del riconoscimento delle cause di alterazione e del loro effetto ed anche per formulare alcune ipotesi di interventi di mitigazione possibili.

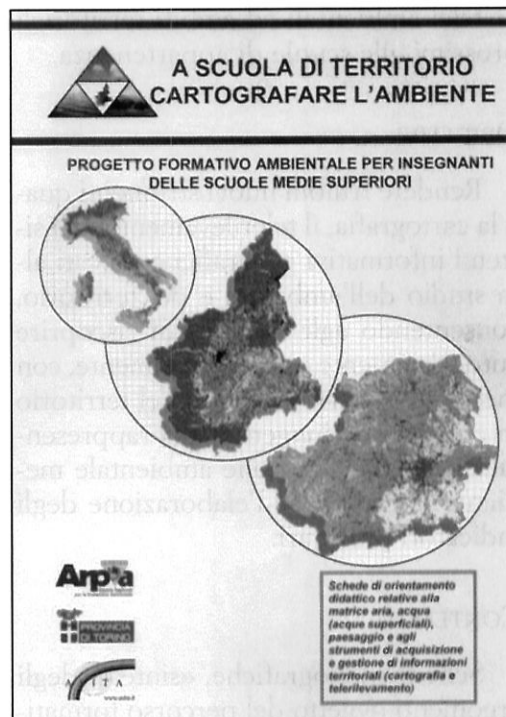
Metodologia operativa

- Analisi territoriale dell'area mediante individuazione delle relazioni fondamentali tra l'asta fluviale e le strutture e infrastrutture circostanti.
- Verifica delle pressioni di tipo produttivo, agricolo e residenziale esercitate sul corpo idrico.
- Analisi dello stato ambientale determinato dai carichi dei maggiori inquinanti.
- Verifica delle condizioni di compromissione della vegetazione e funzionalità dell'ecosistema fluviale.
- Ipotesi di mitigazione.

Ogni scuola che ha partecipato al progetto ha utilizzato un approccio personalizzato a seconda dei propri specifici interessi e delle possibilità in termini di tempo ed attrezzature. In generale, il percorso operativo sviluppato inizialmente in aula su materiale cartaceo e successivamente in aula multimediale è stato così suddiviso:

- fase 1 - presentazione generale del lavoro, inquadramento territoriale e dei fenomeni, creazione della base cartografica;
- fase 2 - individuazione delle fonti di impatto e loro distribuzione sul territorio;
- fase 3 - caratterizzazione dello stato della risorsa;
- fase 4 - analisi ambientale, documentazione dell'esperienza applicativa, discussione.

Le maggiori difficoltà sono state evidenziate, oltre che per l'approccio al software, nell'utilizzo della documentazione allegata al progetto. Infatti la complessità dell'argomento e delle elaborazioni, anche a fronte di una semplificazione ad uso didattico, ha comportato ulteriori approfondimenti e spiegazioni da parte del docente esperto di dominio.

Schede di orientamento didattico finalizzate allo studio del territorio e analisi dell'ambiente

L'attività di formazione, finora svolta, ha fatto emergere la necessità di documentare, conservare e divulgare il materiale raccolto, grazie al contributo dei

tecnici presenti in ARPA e degli insegnanti che hanno aderito all'iniziativa, in pratiche schede al fine di consentire una consultazione più facile ed immediata.

Le schede monografiche contenute in un apposito raccoglitore illustrante il progetto formativo *a scuola di territorio. cartografare l'ambiente* sono state articolate seguendo la struttura del progetto stesso.

In sintesi le principali caratteristiche delle schede sono le seguenti:

DESTINATARI

Gli insegnanti che intendono sperimentare nella propria programmazione didattica l'utilizzo di strumenti, metodologie operative, basi dati validate su

matrici ambientali ed ambiti territoriali prossimi alle scuole di appartenenza.

OBIETTIVI

Rendere fruibili nuovi strumenti quali la cartografia, il telerilevamento ed i sistemi informativi geografici applicati allo studio dell'ambiente e del territorio, consentendo agli studenti di riscoprire autonomamente e consapevolmente, con metodo oggettivo, la realtà del territorio in cui vivono giungendo alla rappresentazione della situazione ambientale mediante la raccolta e l'elaborazione degli indicatori prioritari.

CONTENUTI

Schede monografiche, «sintesi» degli argomenti oggetto del percorso formativo, quali le fonti di inquinamento, le tecniche di monitoraggio ed analisi degli indicatori di stato, pressione e impatto per le componenti ed i sistemi ambientali relativi alle matrici aria ed acqua; lo studio del paesaggio (*Modulo specifico a scuola di territorio*); la cartografia di base e tematica, il telerilevamento e i sistemi informativi territoriali (*Modulo cartografare l'ambiente*); i progetti didattici relativi alle esperienze maturate in classe dagli insegnanti che hanno aderito all'iniziativa (*Modulo applicativo*).

La documentazione didattica è stata realizzata con il contributo delle diverse competenze specialistiche di Arpa Piemonte, della Provincia di Torino, della Federazione delle Associazioni scientifiche per le informazioni territoriali ed ambientali e dei professori di alcuni Istituti Superiori di Torino e provincia.

BIBLIOGRAFIA

A.R.P.A. PIEMONTE, *A scuola di territorio. cartografare l'ambiente*, Progetto formativo ambientale per insegnanti delle scuole medie superiori di Torino e provincia, inedito, settembre 2002.

AUTORI VARI, *Territorio senza confini*, Schede di orientamento didattico, settembre 2000.

AUTORI VARI, *A scuola di territorio. cartografare l'ambiente*, Schede didattiche relative alle matrice aria, acqua (acque superficiali), paesaggio e agli strumenti di acquisizione e gestione di informazioni territoriali (cartografia e telerilevamento), Torino, ottobre 2003.

DEGLI ESPOSTI V., *Pianura senza confini: la valutazione del progetto*, Bollettino dell'A.I.C., 1997

ISTITUTO COMPRENSIVO DI BOBBIO, *Centro documentazione studi ambientali della Val Trebbia*, Atti del corso «Il suolo: risorsa sensibile e vulnerabile», Edizione Pontegobbo, Bobbio, settembre 2001

PANNOCCHIA A., PENON A., *A scuola di territorio. cartografare l'ambiente*. Proposta di progetto formativo ambientale per insegnanti delle scuole medie superiori della provincia di Torino, Bollettino dell'A.I.C., n. 116, dicembre 2002.